ANNALES DE ZOOLOGIE ÉCOLOGIE ANIMALE

VOLUME 1 1969 NUMÉRO 2
TRIMESTRIEL

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

AZEA1.2

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, PARIS-VII^e^. Tél. : INV. 41-09.

Directeur général : J. BUSTARRET

Inspecteurs généraux : A. CAUDERON, G. DROUINEAU, R. FÉVRIER, P. MORNET, R. PÉRO

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. BUSTARRET

Annales agronomiques.

— M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie.
— S. HÉNIN, Chef du Département d'Agronomie.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

— R. MAYER, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes.

Annales de Phytopathologie.

— H. DARPOUX, Chef du Département de Pathologie végétale.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

— E. BILIOTTI, Chef du Département de Zoologie.

Annales de Zootechnie.

— R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
— A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
— A. RÉRAT, Directeur de la Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs, C.N.R.Z.

Annales de Technologie agricole.

— M. FLANZY, Chef du Département de Technologie des Produits végétaux.
— G. MOCQUOT, Chef du Département de Technologie des Produits animaux.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

— A. FRANÇOIS, Chef du Département de Recherches de Nutrition.
— C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale.

Annales de Physiologie végétale.

— Y. COÏC, Chef du Département de Physiologie végétale.

Annales des Sciences forestières.

— P. BOUVAREL, Directeur de la Station d'Amélioration des Arbres forestiers, C. N. R. F.
— J.-P. CHESNEAU, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 54 - Nancy.
— J. PARDÉ, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

— J. POLY, Chef du Département de Génétique animale.

Recherches d'Économie et de Sociologie rurales.

— D. BERGMANN, Chef du Département d'Économie et de Sociologie rurales.

Recherches vétérinaires.

— P. MORNET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Recherches d'Hydrobiologie continentale.

— R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
— C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale.
— R. VIBERT, Directeur de la Station d'Hydrobiologie continentale, 64 - Biarritz.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :

Service des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78 - VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

ANNALES
DE
ZOOLOGIE
ÉCOLOGIE ANIMALE

VOLUME 1 1969 NUMÉRO 2

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
149, rue de Grenelle, Paris-7e

Ann. Zool. Écol. anim., 1969, **1** (2), 107-120.

CATALOGUE RAISONNÉ DES INSECTES DES ANTILLES FRANÇAISES [1]

2

DICTYOPTERA : « BLATTARIA » [2] ET « MANTIDA »

J. BONFILS [3]

Station de Recherches de Zoologie, Biocœnotique tropicale et Lutte biologique, Centre de Recherches agronomiques des Antilles, Petit-Bourg (Guadeloupe) Institut national de la Recherche agronomique

---

BLATTOIDEA

Blattidae

Blattinae

Blatta orientalis LINNÉ, 1758, *Syst. naturae*, **1**, p. 424.

Guadeloupe (Pointe-à-Pitre) (LHERMINIER, 1837).
Cosmopolite.

Periplaneta americana (LINNÉ), 1758, *Syst. naturae*, **1**, p. 424.

Guadeloupe (Petit-Bourg, Saint-François, Pigeon).
Marie-Galante.
La Désirade.
Saint-Martin.
Martinique (Fort-de-France).
Toute l'année, dans les toitures des habitations, dans les grottes du littoral, sur les guanos des chauve-souris. Pullule dans les ports.
Espèce cosmopolite, présente dans tous les pays tropicaux.
Anthropophile.

(1) Voir *Ann. Épiphyties*, 1966, **17** (3), 247-262.
(2) La classification adoptée s'inspire des travaux de PRINCIS (1960) et de ceux de MCKITTRICK (1964).
(3) Adresse actuelle : Station de Zoologie agricole, Centre de Recherches agronomiques du Sud-Est, Domaine Saint-Paul, 84 - Montfavet.

Periplaneta australasiae (FABRICIUS), 1875, *Syst. Ent.*, p. 271.

Guadeloupe (Petit-Bourg, Pointe-à-Pitre, Saint-François).
La Désirade.
Martinique (Grand'Rivière).
Assez commun partout. Espèce cosmopolite tropicale, actuellement présente dans toutes les îles de l'archipel caraïbe.
Anthropophile.

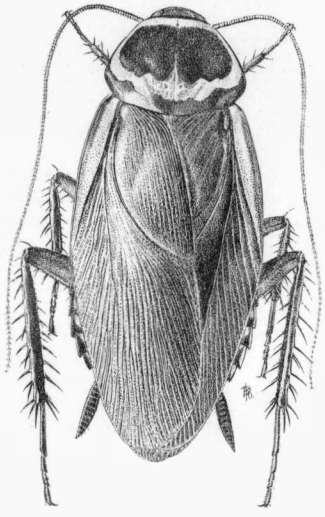


FIG. 1. — *Periplaneta australasiae* FABRICIUS

Periplaneta brunnea BURMEISTER, 1838, *Handb. Ent.*, **2** (2), p. 503.

Guadeloupe (Petit-Bourg, Pointe-à-Pitre).
Espèce circumtropicale, présente dans plusieurs des Grandes et des Petites Antilles.
Anthropophile.

Pelmatosilpha occidentalis (SAUSSURE), 1864, *Rev. Mag. Zool.* (2) **16**, p. 318.

Martinique (Grand'Rivière).
L'espèce, entièrement noire, est distribuée seulement en Martinique et à Sainte-Lucie.
Biotopes forestiers.
Détriticole.

Pelmatosilpha purpurascens (KIRBY), 1903, *Ann. Mag. nat. Hist.* (7) **12**, p. 375.

Guadeloupe (Petit-Bourg, Trois-Rivières, Pointe-Noire, Bouillante, Anse-Bertrand, Le Moule, Petit-Canal, Morne-à-l'Eau, Saint-François).
Les Saintes (Terre-de-Haut).
Marie-Galante.
Montserrat, Antigua, Dominica.
Biotopes forestiers.
Détriticole.

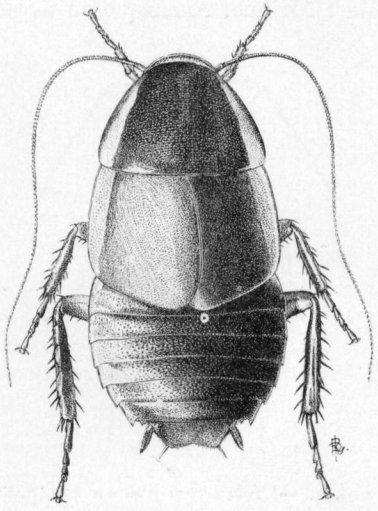


FIG. 2. — *Pelmatosilpha purpurascens* KIRBY

Henicotyle antillarum (BRUNNER), 1892, *Proc. Zool., Soc. London*, p. 204, pl. 15, fig. 5.

Guadeloupe (Massifs volcaniques, La Soufrière, La Citerne) au-dessus de 1 000 m.
Dominica. Saint-Vincent.
Biotopes forestiers des montagnes. Détriticole.
Mâle inconnu. Reproduction parthénogénétique.

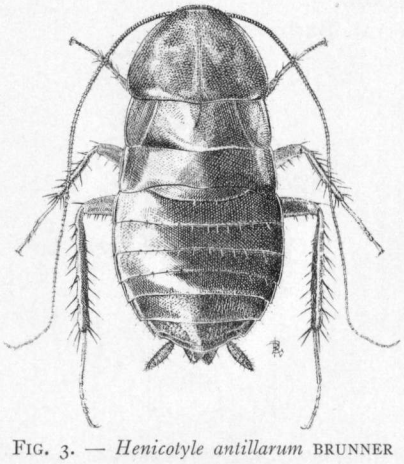


FIG. 3. — *Henicotyle antillarum* BRUNNER

BLABEROIDEA

Polyphagidae.

Holocompsinae

Holocompsa nitidula (FABRICIUS), 1781, *Spec. Ins.*, **1**, p. 345.

Guadeloupe (Petit-Bourg), récolté à plusieurs reprises dans la même maison et probablement apporté avec les emballages des denrées alimentaires.
Espèce circumtropicale : Afrique, Amérique où il est plus fréquent.
Anthropophile.

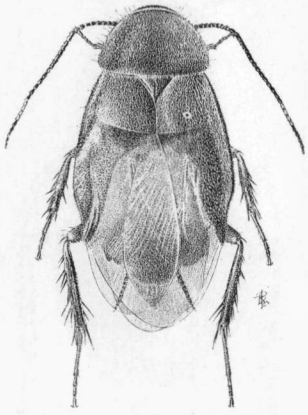


FIG. 4. — *Holocompsa nitidula* FABRICIUS

Blattellidae

Plectopterinae

Aglaopteryx absimilis GURNEY, 1937, *Proc. Ent. Soc. Washington*, **39**, p. 103, pl. 8, fig. 5-8.

Guadeloupe (Petit-Bourg, Pointe-à-Pitre, Sainte-Rose, Le Moule).
Marie-Galante. La Désirade. Saint-Martin. Saint-Barthélemy.
Martinique (Le Lorrain).
Porto Rico. Montserrat. Barbade.
Arboricole.

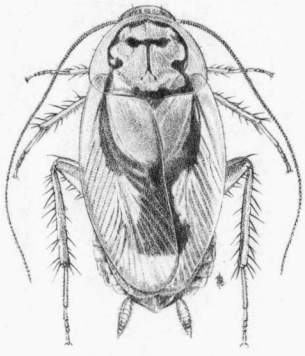


FIG. 5. — *Aglaopteryx absimilis* GURNEY

Aglaopteryx absimilis ssp. *montana* BONFILS, 1969, *Ann. Soc. Entom. France* (n. s.), **5** (1), p. 111, fig. 3.

Guadeloupe (Petit-Bourg, Saint-Claude, Matouba, Bouillante).
Forme des biotopes forestiers de la Guadeloupe volcanique.

Cariblatta punctipennis HEBARD, 1916, *Trans. Amer. Ent. Soc.*, **42**, p. 156, 173, pl. 12, fig. 11-18.

Guadeloupe. Partout dans les bois et forêts, mais surtout dans les zones de basse altitude. En Grande-Terre, sur le littoral et dans la végétation aquatique des points d'eau permanents.
La Désirade. Marie-Galante.
Martinique (Schoelcher, Morne-Rouge, Grand'Rivière).
Répartition connue de Barbade, Dominica, Montserrat, St Kitts.
Arboricole.

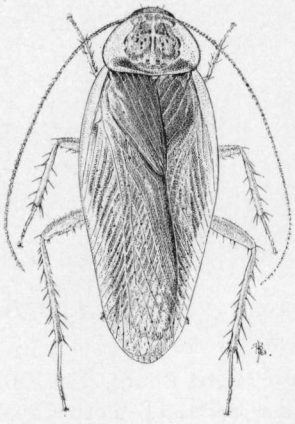


FIG. 6. — *Cariblatta punctipennis* HEBARD

Cariblatta guadeloupensis BONFILS, 1969, *Ann. Soc. Entom. France* (n. s.), **5**, (1), p. 111, fig. 4-5.

Guadeloupe. Distribution limitée aux massifs boisés de l'île volcanique, rarement au-dessous de 500 m (Massif de la Soufrière, Savane-à-Mulets, Bains-Jaunes, Forêt de Matouba, Trois-Rivières, Moscou, Gourbeyre, Palmiste, Capesterre, Grand-Étang, Pointe-Noire, Les Mamelles, Bouillante, Barre-de-l'Ile, Sainte-Rose, Solitude).
Arboricole.

Cariblatta plagia REHN et HEBARD, 1927, *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, **54**, p. 16, 36, pl. 1, fig. 18-20.

Guadeloupe (Petit-Bourg, Les Abymes, Le Moule, Saint-François).
Porto Rico.
Récolté dans les débris végétaux, les herbages.

Cariblatta antiguensis (SAUSSURE et ZEHNTNER), 1893, *Biol. Centr.-Amer., Orth.*, **1**, p. 17.

Saint-Martin (Marigot).
Saint-Barthélemy.
Connu de Cuba, Iles Vierges, Antigua, Dominica, Trinidad.
Arboricole.

Chorisoneura barbadensis REHN et HEBARD, 1927, *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, **54**, p. 292-294, pl. 20, fig. 9-11.

Martinique (Schoelcher, Le Vauclin).
Connu de Barbade, Grenade, Dominica, Trinidad.
Arboricole (*Anacardium occidentale* L., *Conocarpus erectus* L.) sur le littoral et les collines.

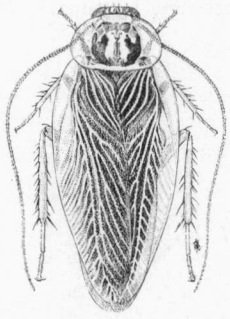


FIG. 7. — *Chorisoneura barbadensis* REHN et HEBARD

Chorisoneura formosella REHN et HEBARD, 1927, *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, **54**, p. 295-297, pl. 24, fig. 7-8.

Guadeloupe (Sainte-Rose, Petit-Bourg, Les Mamelles, Bouillante, Crête de Village, Faux-Piton, Anse-Bertrand, Petit-Canal, Le Moule). Toute l'année.
Martinique (Grand'Rivière).
Dominica. Jamaica.
Arboricole, sur les rameaux en floraison (*Byrsonima spicata* D. C. ; *Miconia guianensis* (AUBL.) COGN., *Myrcia splendens* (S. W.) D. C.

Nahublattella fucata BONFILS, 1969, *Ann. Soc. Entom. France* (n. s.), **5** (1), p. 113, fig. 7-11.

Martinique (Grand'Rivière), zone forestière montagneuse.
Arboricole (*Myrcia, Clusia,* Balisier).

Neoblattella guadeloupensis BONFILS, 1969, *Ann. Soc. Entom. France* (n. s.), **5** (1), p. 115, fig. 12-16.

Guadeloupe (Sainte-Rose, Petit-Bourg, Pointe-Noire, Bouillante, Capesterre, Trois-Rivières, Saint-Claude).
Espèce endémique dont la répartition géographique est limitée à la zone forestière montagneuse, de 300 à 900 m.
Arboricole.

Neoblattella perdentata BONFILS, 1969, *Ann. Soc, Entom. France* (n. s.), **5** (1), p. 118, fig. 18-20.

Guadeloupe. La distribution de cette espèce endémique est limitée à la zone forestière montagneuse de la Guadeloupe volcanique ; elle se superpose à celle de la précédente espèce.
Arboricole.

Plectoptera rhabdota REHN et HEBARD, 1927, *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* **54**, p. 305, pl. 21, fig. 8-9, pl. 22, fig. 8, pl. 23, fig. 7.

Guadeloupe (Sainte-Rose, Pointe-Noire, Bouillante, Vieux-Habitants, Anse-Bertrand, Petit-Canal, Le Moule, Saint-François).
Marie-Galante (Saint-Louis).
Connu de Dominica, Puerto Rico, Iles Vierges.
Arboricole.

Plectoptera perscita REHN et HEBARD, 1927, *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, **54**, p. 307, pl. 22, fig. 1, 10, pl. 23, fig. 8.

Guadeloupe (Trois-Rivières, Gourbeyre, Capesterre, La Soufrière, Matouba, Bouillante, Pointe-Noire, Petit-Bourg, Sainte-Rose, Abymes, Le Moule).
Marie-Galante (Saint-Louis).
Martinique (Sainte-Marie).
Connu de Dominica.
Arboricole, dans les bois de basse à haute altitude ; mais également sur les herbes aquatiques en Grande-Terre.

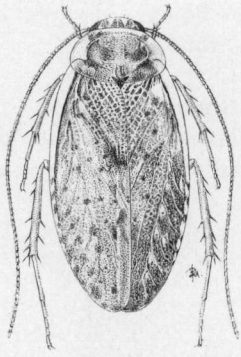


FIG. 8. — *Plectoptera perscita* REHN et HEBARD

Plectoptera martinicae BONFILS, 1969. *Ann. Soc. Entom. France* (n. s.), **5** (1), p. 120, fig. 21.

Martinique (Sainte-Marie, Grand'Rivière, Le Prêcheur).
Espèce endémique, distribuée dans la zone forestière montagneuse.
Arboricole.

Plectoptera dominicae REHN et HEBARD, 1927, *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, **54**, p. 316, pl. 23, fig. 12-13.

Guadeloupe (Sainte-Rose, Pointe-à-Pitre, Petit-Bourg, Pointe-Noire, Bouillante, Matouba) ; distribution restreinte à la zone forestière montagneuse de l'île volcanique.
Décrite de Dominica.
Arboricole.

Supella supellectilium (SERVILLE), 1839, *Hist. nat. Inst. Orth.*, p. 114.

Guadeloupe (Petit-Bourg).
Martinique (Fort-de-France).
Espèce circumtropicale.
Anthropophile.

Blattellinae

Blattella germanica (LINNÉ), 1767, *Syst. nat.*, **1**, p. 668.

Guadeloupe et Dépendances, Martinique.
Commun dans toutes les agglomérations ; pullule dans les ports. Transporté à l'intérieur des îles avec les emballages commerciaux.
Cosmopolite.
Anthropophile.

Ischnoptera rufa (DEGEER), 1773, *Mém. Hist. Ins.*, **3**, p. 359, pl. 44, fig. 7.

Guadeloupe (Deshaie, Petit-Bourg, Abymes, Anse-Bertrand, Petit-Canal, Le Moule, Sainte-Anne, Saint-François).
Les Saintes (Terre-de-Haut).
Martinique (Bellefontaine, Grand'Rivière).
Vaste répartition géographique en Amérique du Sud et en Amérique du Nord.
Dans les débris végétaux au sol ; dans les zones de culture (patate douce).

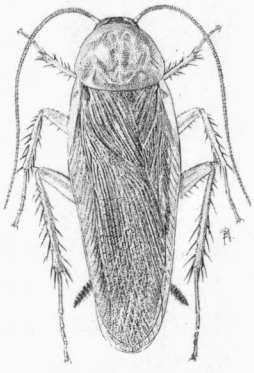


FIG. 9. — *Ischnoptera rufa* DEGEER

Cahita palposa BONFILS, 1969, *Ann. Soc. Entom. France* (n. s.), **5**. (1), p. 122, fig. 22-25.

Guadeloupe. Distribution limitée aux zones supérieures des montagnes volcaniques (La Citerne, Massif de la Soufrière).
Dominica.
Femelle inconnue jusqu'à présent.
Se trouve dans les débris végétaux décomposés, au sol.

Nelipophygus cicatricosus BONFILS, 1969, *Ann. Soc. Entom. France* (n. s.), **5** (1), p. 124, fig. 26-27.

Guadeloupe. Zone montagneuse (Mt. Carmichaël, La Citerne, Forêt des Bains-Jaunes).
Se trouve dans les sols suspendus, sur les stipes de *Euterpe globosa* GAERTN., dans les vieilles souches et les débris végétaux au sol..

Neolobopteromorpha martinicensis BONFILS, 1969, *Ann. Soc. Entom. France* (n. s.), **5**, (1), p. 127, fig. 28-29.

Martinique (Grand'Rivière, Macouba).
En forêt humide d'altitude, sous les débris végétaux au sol.
Femelle inconnue.

Symploce hospes (PERKINS), 1899, *Fauna Hawaiiensis*, **2**, p. 5.

Guadeloupe (Saint-François).
La Désirade (Baie-Mahault).
Saint-Barthélemy.
Connu aussi des Iles Vierges et d'Antigua.
Dans les débris végétaux des zones littorales en régions calcaires.

Symploce ruficollis (FABRICIUS) 1793, *Ent. Syst.*, **2**, p. 10, nº 24.

Saint-Barthélemy (Anse Saint-Jean).
Également à Sainte-Croix. Antigua. Porto Rico, Culebra Is.
Sous les débris végétaux des plages (*Coccoloba uvifera* L.).

Nyctiborinae

Nyctibora intermedia BONFILS, 1969, *Ann. Soc. Entom. France* (n. s.), **5** (1), p. 129, fig. 30-31.

Guadeloupe (Petit-Bourg, Bouillante).
Marie-Galante (Saint-Louis).
Sous les écorces des troncs morts et dans le terreau des troncs, en forêt de la Guadeloupe volcanique (*Coccoloba diversifolia* JACK.) et sur le littoral de Marie-Galante (*Hippomane mancinella* L.).

Blaberidae

Blaberinae

Hemiblabera granulata SAUSSURE, 1893, *Soc. ent.*, **8**, p. 68.

Guadeloupe (Anse-Bertrand, Le Moule, Saint-François).
Distribution apparemment limitée à la côte est de la Grande-Terre.
Antigua.
Dans les sous-bois des falaises littorales, sous les pierres, dans le terreau superficiel.
Détriticole.

Hemiblabera tristis BONFILS, 1969, *Ann. Soc. Entom. France* (n. s.), **5** (1), p. 131, fig. 32-34.

Saint-Barthélemy.
Dans les troncs de cocotiers morts, couchés ; dans les murailles de pierres sèches, avec *Amphiacusta caraibea* SAUSS., 1897 (*Gryllidae*).

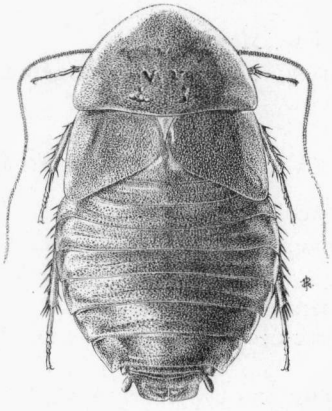


FIG. 10. — *Hemiblabera tristis* BONFILS

Pycnoscelinae

Pycnoscelus surinamensis (LINNÉ), 1758, *Syst. naturae*, **1**, p. 424.

Guadeloupe (Petit-Bourg, Sainte-Rose, Pointe-Noire, Vieux-Habitants, Petit-Canal, Port-Louis, Le Moule, Saint-François).
Marie-Galante. La Désirade. Les Saintes (Terre-de-Haut).
Saint-Martin.
Martinique (Grand'Rivière).
Espèce cosmotropicale, répandue dans toutes les Antilles.
Commune toute l'année, de 0 à 400 m, mais surtout dans les zones basses, autour des habitations et dans les zones de cultures.
Tous les spécimens observés sont des femelles ; reproduction parthénogénétique.
Fouisseur, détriticole, anthropophile.

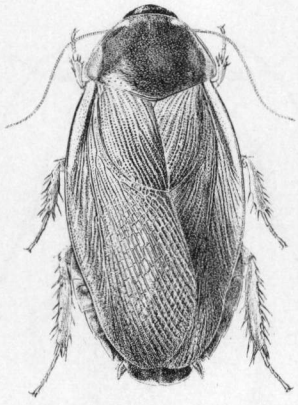


FIG. 11. — *Pycnoscelus surinamensis* LINNÉ

Panchlorinae

Panchlora nivea (LINNÉ), 1758, *Syst. naturae*, **1**, p. 424.

Guadeloupe (Petit-Bourg, Pointe-Noire, Bouillante). Distribution limitée en Guadeloupe, à l'île volcanique.
Espèce à vaste répartition géographique, comprenant les Antilles, l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud.
Dans les débris végétaux ; dans les sols suspendus sur *Euterpe globosa* GAERT. en Guadeloupe.

Panchlora viridis (FABRICIUS), 1775, *Syst. Ent.*, p. 272.

Guadeloupe (Sainte-Rose).
Espèce insulaire, distribuée de Trinidad jusqu'à Cuba.

Panchlora sagax REHN et HEBARD, 1927, *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, **54**, p. 251, pl. 19, fig. 1-4.

Guadeloupe (Sainte-Rose, Capesterre, Bouillante). Distribution limitée à la région des montagnes volcaniques.
Connue de Dominica, Porto Rico, Colombie.

Oxyhaloinae

Leucophaea maderae (FABRICIUS), 1781, *Spec. Ins.*, **1**, p. 341.

Guadeloupe (Vieux-Habitants, Pointe-à-Pitre, Petit-Bourg). N'a jamais été trouvée dans des sites naturels et paraît strictement anthropophile.
Cosmotropical, largement répandu dans l'archipel des Antilles.

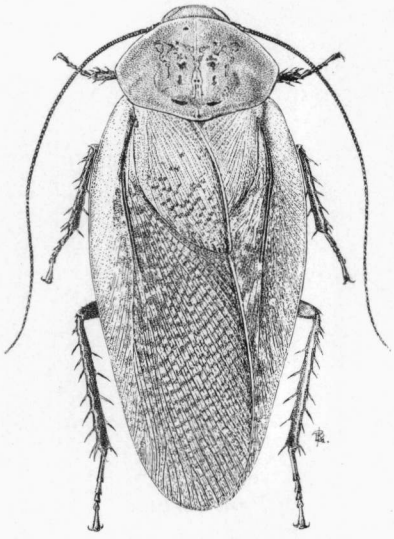


FIG. 12. — *Leucophaea maderae* FABRICIUS

Epilamprinae

Epilampra abdomen-nigrum (DEGEER), 1773, *Mém. Hist. Ins.*, **3**, p. 504, pl. 44, fig. 5.

Guadeloupe. Distribution dans les zones de faible altitude (Le Moule, Saint-François, Anse-Bertrand, Sainte-Rose).

Vaste distribution (Grandes et Petits Antilles, Trinidad, Guyanes, Surinam, Panama et Amérique centrale).

Dans les mares permanentes, les mangroves, les dépôts littoraux mouillés.

Très variable en dimensions et en coloration.

Ovovivipare.

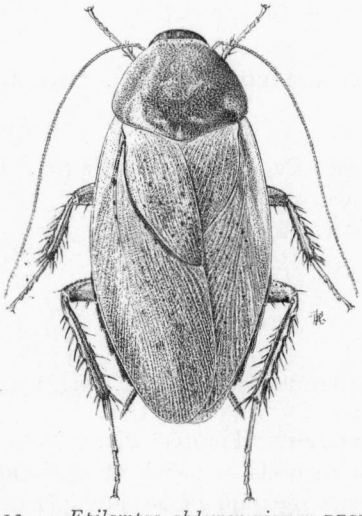


FIG. 13. — *Epilampra abdomen-nigrum* DEGEER

Audreia fugax BONFILS, 1969, *Ann. Soc. Ent. France* (n. s.), **5** (1), p. 133, fig. 37-38.

Guadeloupe (Anse-Bertrand, Saint-François, Bouillante).
Détriticole, fouisseur. Sur le sol et dans les terreaux des troncs creux.
Ovovivipare.

Phaetalia pallida (BRUNNER), 1865, *Nouveau Syst. Blatt.*, p. 286.

Guadeloupe (Petit-Bourg, Sainte-Rose).
Martinique. Signalé par SERVILLE (1839).
Espèce présente dans les Grandes et Petites Antilles (Cuba, Jamaïque, Porto Rico, Montserrat, Dominica) ; signalée en Floride, en Amérique centrale, au Brésil, ainsi qu'aux Iles Canaries. Serait originaire de l'Archipel caraïbe.
Anthropophile.

Notolampra antillarum SHELFORD, 1907, *Ann. Mag. Nat. Hist.* (7), **19**, p. 38.

Martinique (Trinité) (Shelford).
Trinidad.

Phoraspis atomaria BLANCHARD, 1837, *Ann. Soc. ent. France*, **6**, p. 287, pl. 10, fig. 2-2*a*.

Guadeloupe. Non récolté depuis la description originale. L'existence de l'espèce en Guadeloupe est mise en doute par les auteurs.
Connue du Brésil.

MANTOIDEA

Thespidae

Oligonychinae

Oligonyx insularis BONFILS, 1967, *Bull. Soc. ent. France*, **72**, p. 144, fig. 1.

Guadeloupe (Petit-Bourg, Bouillante, Saint-Claude, Trois-Rivières, Sainte-Rose)
Distribution limitée à la zone montagneuse volcanique.
Martinique (Gros-Morne).
Dominica.
Espèce de la forêt hygrophile. Arboricole.

Acontistinae

Acontista multicolor SAUSSURE, 1870, *Mitt. Schweiz. ent. Ges.*, **3**, p. 229.

Guadeloupe. Le type, femelle (Muséum de Paris).
Nicaragua, Venezuela, Colombie.

Reçu pour publication en janvier 1969.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

McKittrick F. A., 1964. Evolutionary studies of Cockroaches. *Cornell Univ. Agric. exper. Stn., Mem.* **389**, 197 p.

Princis K., 1960. Zur Systematik der Blattarien. *Eos*, **36**, 427-449.

Ann. Zool. Écol. anim., 1969, **1** (2), 121-126.

RECHERCHES SUR LA GUÉRISON DANS LES INFECTIONS CRYPTOGAMIQUES D'INSECTES

INFECTION A « ASPERGILLUS NIGER » V. TIEGH CHEZ « GALLERIA MELONELLA » L.

A. VEY et C. VAGO

Station de Recherches cytopathologiques, 30 - Saint-Christol
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

L'évolution de l'infection déclenchée par l'inoculation de conidies d'*Aspergillus niger* V. THIEGH chez les larves de *Galleria melonella* L. n'est pas homogène. Il peut apparaître, en dehors des cas de mycose aiguë ou de résistance immédiate, des cas de guérison caractérisés par un début de maladie, reconnu par symptômes et histologie, sans suite. Tous les intermédiaires entre les différents types d'évolution peuvent exister.

INTRODUCTION

Un aperçu de l'évolution de la pathologie des Invertébrés permet de constater que, dans ce domaine, les maladies sont considérées et étudiées en tant qu'entités pathologiques à évolution fatale pour l'hôte. La notion de guérison, si importante en pathologie médicale et vétérinaire, semble avoir été peu envisagée, probablement parce que l'évolution des viroses, rickettsioses, bactérioses ou des mycoses est d'habitude assez spectaculaire et aussi parce que les cas de guérison n'ont pas été étudiés systématiquement au cours d'applications de germes pathogènes en lutte biologique (voir MÜLLER-KÖGLER, 1965).

Dans le cadre d'une série de recherches visant à la mise en évidence des cas de résistance et de guérison de maladies chez les Arthropodes, nous avons choisi, parmi d'autres affections, des mycoses à espèces faiblement virulentes. Dans ce travail, nous relatons les résultats obtenus dans le cas des mycoses à *Aspergillus*.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Des larves du dernier stade de *Galleria melonella* L. (*Lepidoptera, Pyralididae*) ont été inoculées avec une suspension dans l'eau physiologique de conidies de la souche nº 918 d'*Aspergillus niger* v. TIEGH. Chaque individu a reçu environ 6×10^6 unités infectantes.

Les larves infectées ont été placées, pendant toute la durée de l'expérience, à 25°C, et ont été fixées pendant 24 heures à 5°C, dans le liquide Carnoy, en vue d'une étude histologique. La coloration au PAS combiné avec l'hémalun-picro-indigo-carmin a permis d'obtenir la mise en évidence du champignon en même temps que de bonnes images histologiques d'ensemble. Nous avons également utilisé la méthode AMARGIER-VAGO pour mycoses d'invertébrés, la réaction de Feulgen et la coloration de Van Gieson.

FORMES D'ÉVOLUTION DE LA MYCOSE A « ASPERGILLUS NIGER »

En suivant de près une population de larves de *G. mellonella* inoculées avec des conidies d'*A. niger*, à la dose précisée plus haut, nous avons noté que l'infection n'évolue pas de façon homogène chez tous les individus.

Dans la plupart des cas apparaît une mycose aiguë qui entraîne la mort de l'insecte en quatre ou cinq jours.

Parfois, la maladie évolue lentement et la mort des larves survient après un délai d'une semaine à dix jours.

Dans d'autres cas, les larves se transforment en nymphes puis en imagos ayant conservé leur aptitude à se reproduire. Le pourcentage d'individus parvenus au stade adulte est inférieur à 30 p. 100 de la population initiale. L'observation précise de ce dernier groupe permet de reconnaître deux types d'évolution. En effet, en dehors des cas où l'infection n'a aucune conséquence visible, il y en a d'autres où les larves montrent, tout comme dans la forme aiguë, un affaiblissement quelques jours après l'infection, puis une amélioration de leur état. C'est ce dernier type que nous examinons plus particulièrement.

MYCOSE AIGUE

Lorsque la maladie présente une évolution fatale, on note tout d'abord une réduction progressive de la locomotion, perceptible après trois jours au minimum, et la perte de la capacité de s'enfermer dans un cocon de soie. Au stade final de la maladie, les mouvements se limitent à la tête, aux pièces buccales et aux premières paires de pattes. Quelques heures seulement après l'infection, on peut apercevoir des éléments grisâtres, présentant l'aspect de points ou de plaques mal délimités, localisés surtout autour de la blessure, près du vaisseau dorsal, et dans la moitié postérieure ventrale. A ce niveau, ils apparaissent particulièrement nettement sur le fond blanc que constitue le tégument de l'insecte.

Ils acquièrent une coloration plus sombre, plus intense, et des limites nettes. En même temps leur taille tend à s'accroître.

La dissection de chenilles permet de prélever ces « points noirs ». A l'observation microscopique on distingue deux zones. La région centrale à aspect granulaire, très sombre, est constituée de spores et de filaments mycéliens mélanisés. Elle est entourée d'une gaine légèrement rosâtre à structure concentrique.

L'examen de frottis obtenus par dilacération et colorés par la méthode de PAPPENHEIM, montre que l'enveloppe périphérique de ces formations est constituée par l'association de cellules sanguines et qu'elles correspondent à une réaction multicellulaire du type « granulome », présentant des analogies certaines avec les processus de guérison des blessures tégumentaires, et pouvant être déclenchée par des stimuli très divers (SPEARE, 1920 ; METALNIKOV, 1927 ; VAGO, 1956 ; HUGER, 1960 ; BILIOTTI et VAGO, 1961 ; FLANDRE et *al.*, 1968 ; VEY, 1968 ; VEY *a* et *b* ; VEY et *al.*, 1968).

L'étude histologique permet de préciser que les réactions cellulaires vis-à-vis du champignon commencent très rapidement à se manifester. Après un délai d'une demi-heure seulement, les groupes de conidies mélanisées sont entourés par de nombreuses cellules sanguines dont on reconnaît la forme arrondie, ovoïde, ou en fuseau. Au cours des heures suivantes on observe un tassement des hémocytes s'accompagnant de déformations. On remarque l'apparition à la périphérie de l'enveloppe hémocytaire de cellules fortement étalées, très minces, qui tendent à entourer la masse qui se trouve au-dessous d'elles et à donner au granulome une délimitation nette.

Bien qu'enfermées dans un granulome, les conidies d'*A. niger* germent, après un peu plus de 24 heures généralement. Les filaments mycéliens qui se développent sont soumis à l'intervention de nouveaux hémocytes qui viennent se fixer sur eux, ou sur d'autres cellules sanguines déjà intervenues. L'inclusion à l'intérieur d'une enveloppe hémocytaire s'accompagne toujours du dépôt autour des éléments du champignon d'une gaine de substances mélanisées.

Les hyphes parviennent à sortir de leur enveloppe hémocytaire après un délai paraissant atteindre trois jours au moins, même dans les cas de maladie aiguë (fig. 1). Les éléments fungiques parvenant les premiers à s'échapper sont souvent des filaments se dirigeant vers les tissus ou des organes proches.

Dès qu'ils parviennent à y pénétrer ils se développent rapidement, en particulier dans le tissu adipeux. Cette accélération de la croissance semble en rapport avec l'absence de réactions hémocytaires au sein des tissus.

Progressant par une croissance continue de ses hyphes, l'*Aspergillus* parvient à envahir non seulement un volume considérable de tissus adipeux, mais attaque fortement les muscles, au contact desquels il peut être mélanisé, et pénètre dans les glandes salivaires où il commence à se multiplier. Le stade prémortel est alors atteint (fig. 2).

INFECTIONS A ÉVOLUTION NON MORTELLE

Chez quelques-unes des larves ne présentant pas de symptômes aigus, aucun signe pathologique externe n'a pu être relevé et les stades larvaire, nymphal et adulte se sont déroulés normalement.

Notre attention a été cependant dirigée vers d'autres cas plus nombreux où on a noté un affaiblissement, une immobilité, et une diminution de turgescence rappelant les premiers symptômes de la maladie aiguë mais d'intensité plus faible et à durée limitée à quelques jours. Le reste de la vie larvaire se poursuit sans signe pathologique.

Lorsque, plusieurs jours après la cessation de tout état anormal, on soumet des larves ne paraissant pas malades à une étude histologique, on constate que les éléments mycéliens sont totalement enfermés à l'intérieur de granulomes à limites très nettes, de forme régulièrement circulaire ou oblongue.

Certains granulomes peuvent être volumineux et atteindre jusqu'à 1,7 mm de long. Les hyphes étant enfermés à l'intérieur des granulomes n'ont provoqué aucune altération dans les tissus des larves (fig. 3).

Ces granulomes comportent trois zones.

Dans la partie centrale, on trouve les spores et les hyphes de l'agent pathogène entourés d'une gangue jaunâtre à brun très sombre, d'épaisseur très variable, et pouvant prendre l'aspect de grosses gouttes (fig. 4).

La présence de ce dépôt présentant tous les caractères histochimiques des mélanines n'altère pas la colorabilité du champignon par l'APS. Ce phénomène de mélanisation concerne presque toujours seulement l'agent pathogène, mais peut quelquefois s'étendre aux hémocytes voisins.

Les éléments fungiques sont entourés par une zone dense d'hémocytes serrés les uns contre les autres et ayant en grande partie perdu leur individualité. Leur noyau a subi des modifications morphologiques et pris par exemple, un aspect anguleux en rapport avec les déformations subies par les cellules. Il garde, par contre, ses propriétés chromatiques.

La partie périphérique du granulome présente une structure plus lâche et un aspect feuilleté. Elle est constituée par des cellules étalées disposées en couches concentriques. Dans le cytoplasme très aminci, on trouve des noyaux allongés et étroits (fig. 4). La totalité de l'enveloppe hémocytaire peut comprendre jusqu'à une quarantaine de couches de cellules. Comme l'ont observé FLANDRE et *al.* (1968), dans les granulomes à corps étrangers on constate qu'il est apparu entre les hémocytes de minces fibrilles se colorant en bleu par la méthode de Mallory, APS positives et qui présentent donc des caractéristiques tinctoriales et histochimiques du collagène (fig. 4, m. f.).

Les granulomes se retrouvent sans modifications décelables par les techniques employées chez les nymphes et les adultes, où ils peuvent occuper jusqu'à la moitié de la surface des sections de l'abdomen.

Aucun fragment mycélien ne se trouve à l'état libre chez les larves, nymphes, ou imagos examinés. Les examens de frottis de granulomes et de coupes histologiques ont permis de reconnaître que les hémocytes participant aux réactions vis-à-vis du champignon étaient des micro - et des macroplasmatocytes, si l'on se réfère à la classification de JONES (1964). Les cellules péricardiales qui possèdent des propriétés phagocytaires (CAMERON, 1934) n'ont pas paru entrer dans la constitution des granulomes.

Si l'on compare les images histologiques des larves restées toujours sans symptômes avec celles des insectes ayant présenté quelques signes de maladie, on note chez les derniers un plus grand nombre de granulomes en général de plus grand volume,

et on observe surtout des filaments mycéliens longs entourés de fourreaux du type granulome (fig. 5).

Ce fait dénote le développement plus long des réactions sur des filaments nombreux et répandus.

On peut ainsi admettre que, dans ces cas, un certain développement actif du champignon a eu lieu, ce qui correspondrait à la phase d'affaiblissement initiale.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Il ressort des observations relatées que l'infection à *Aspergillus* chez les Lépidoptères peut donner lieu, en dehors des cas de mycoses aigus et de quelques cas de résistance immédiats, à une évolution caractérisée par un début de maladie avec affaiblissement de l'insecte suivi d'une amélioration de cet état et de l'absence de l'évolution ultérieure de la mycose.

Dans ce dernier cas, l'étude histologique montre un début d'évolution du mycélium cryptogamique dans la cavité viscérale de l'insecte et une forte réaction hémocytaire aboutissant à la formation de granulomes englobant progressivement les fragments d'hyphes en voie de développement.

L'ensemble de ces caractéristiques correspond à un processus pathologique prenant la voie de guérison.

En comparant les différents types d'évolution de l'infection, on constate que toutes les formes de transition peuvent exister et qu'il est difficile de délimiter exactement le degré d'évolution initial de la maladie à partir duquel on n'applique pas la notion de la résistance immédiate mais celle de la guérison. Il en est de même pour l'aspect particulier de la réaction cellulaire et de la formation de granulome. Ce fait est probablement à l'origine du peu d'attention prêté en pathologie des Invertébrés au processus de la guérison dont la reconnaissance demande une étude minutieuse et approfondie. Cependant, certains résultats de nos récents travaux, relatés ailleurs, montrent que des signes nets de guérison peuvent être notés aussi pour d'autres maladies, notamment pour les mycoses de blessures (Vey, 1968) et même dans des mycoses à espèces très pathogènes comme les *Beauveria*, ou pour certaines bactérioses.

Reçu pour publication en janvier 1969.

SUMMARY

STUDIES ON RECOVERY IN THE FUNGAL INFECTIONS OF INSECTS.
ASPERGILLUS NIGER INFECTION IN *GALLERIA MELLONELLA*

The inoculation of *Aspergillus niger* v. TIEGH. to the larvæ of *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera) may give rise, beside cases of fatal mycosis or immediate resistance, to a process of recovery characterized by an initial development of the mycelium and a strong hemocytic reaction enclosing progressively the hyphae in granulome-like structures.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BILIOTTI E., VAGO C., 1961. Caractères de « l'enkystement » des larves de *Tachinidae* dans les chenilles de Lépidoptères. *C. R. Acad.*, **252**, 3330-3332.

CAMERON G. R., 1934. Inflammation in the caterpillars of Lepidoptera. *J. Pathol. Bacteriol.*, **38**, 172-195.

FLANDRE O., VAGO C., SECCHI J., VEY A., 1968. Les réactions hémocytaires chez les Insectes. *Rev. Pathol. Comp. Med. exper.*, **5**, 2, 101-106.

HUGER A., 1960. Untersuchungen Zur Pathologie einer Mikrosporidiose von *Agrotis segetum* (SCHIFF) (Lepid. Noctuidae) Verusacht durch *Nosema pererioides* nov. spec. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz*, **67**, 65-77.

JONES J. C., 1964. The circulatory system of insects. In : *The physiology of insecta* (édit. M. Rockstein,) **5**, 1-107.

METALNIKOV S., 1927. *L'infection microbienne et l'immunité chez la Mite des abeilles, Galleria mellonella.* Monographies de l'Institut Pasteur, 139 p., Masson et Cie, Paris,

MULLER-KOGLER E., 1965. *Pilzkrankheiten bei Insekten*, p. 306-308. Paul Parey édit., Berlin et Hambourg.

SPEARE A. T., 1920. Further studies of *Sorosporella uvella*, a fungous parasite of noctuid larvae. *J. agric. Res.*, **18**, 399-439.

VAGO C., 1956. L'enchaînement des maladies chez les Insectes. *Éd. Spec. Comm. Ser. internation.*, **63**, 184.

VEY A., 1968 *a*. Réactions de défense cellulaire dans les infections de blessures à *Mucor hiemalis* WEHMER. *Ann. Épiphyties* **19**, 695-702.

VEY A. (*a*). Étude *in vitro* des réactions hémocytaires anticryptogamiques des larves de Lépidoptères. In : C. R. « Colloque sur les manifestations inflammatoires et tumorales chez les Invertébrés », Paris, déc. 1967. *Ann. I.N.R.A.* (sous presse).

VEY A., (*b*). Action de la densonucléose sur les réactions cellulaires du type granulome des larves de *Galleria mellonella* L. vis-à-vis du champignon *Aspergillus niger* V. TIEGH. In : C. R. « Colloque sur les manifestations inflammatoires et tumorales chez les Invertébrés ». Paris, décembre 1967. *Ann. I.N.R.A.* (sous presse).

VEY A., QUIOT J, M., VAGO C., 1968. Formation *in vitro* de réactions d'immunité cellulaire chez les Insectes. *Proc. Second internation. Colloquium on Invertebrate Tissue Culture.* Milan septembre 1967. Ed. by C. Barigozzi, p. 254-262.

PLANCHE I

Larves de Galleria mellonella *infectées par inoculation d'*Aspergillus niger
Cas de maladie aiguë

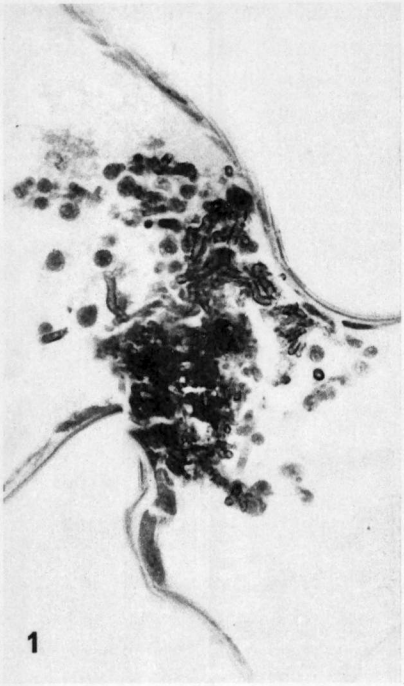
FIG. 1. — *Hyphes d'*A. niger *commençant à se développer* dans l'hémolymphe, hors des granulomes
Coloration APS + hémalun × 330

FIG. 2. — *Stade avancé de la mycose montrant un important envahissement mycélien des tissus de l'insecte*
Hémalun-picro-indigo-carmin × 210
h : hypoderme
ta : tissu adipeux
m : muscles
f : filaments mycéliens.

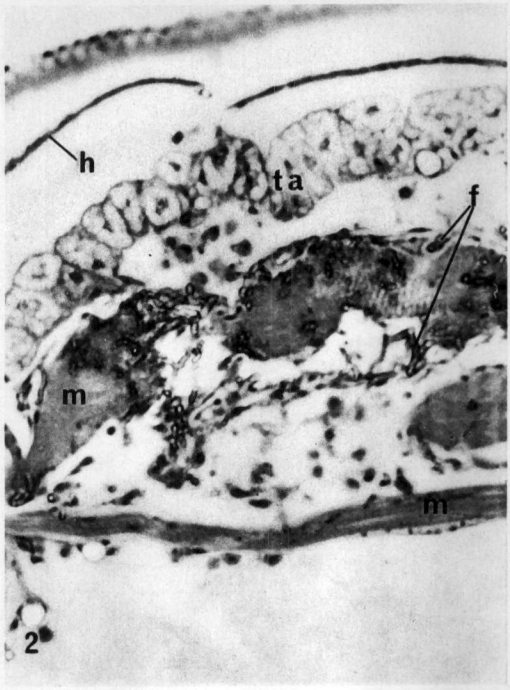
Cas de guérison dans l'infection à A. niger *chez* Galleria mellonella

FIG. 3. — *Éléments cryptogamiques entièrement enfermés dans un granulome hémocytaire*
Feulgen + Picro-indigo-carmin × 420
f : filaments mycéliens
e : enveloppe hémocytaire du granulome.

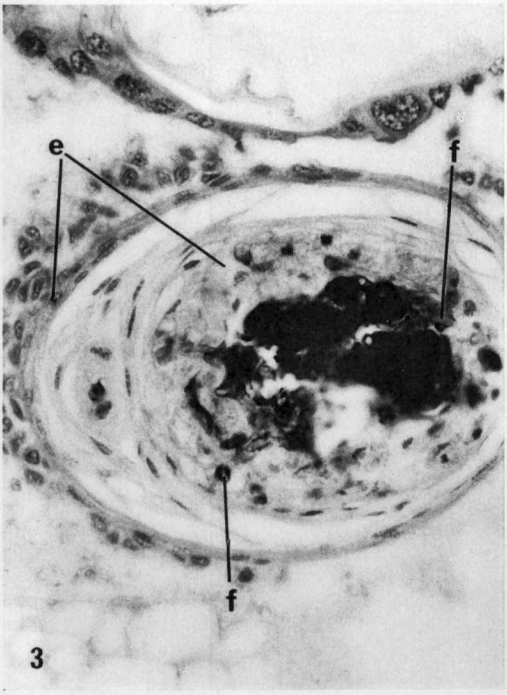
FIG. 4. — *Détail du même granulome* × 1 000
em : élément cryptogamique mélanisé
hd : hémocyte à noyau déformé
zf : zone de l'enveloppe hémocytaire à structure feuilletée
mf : matériel fibrillaire.



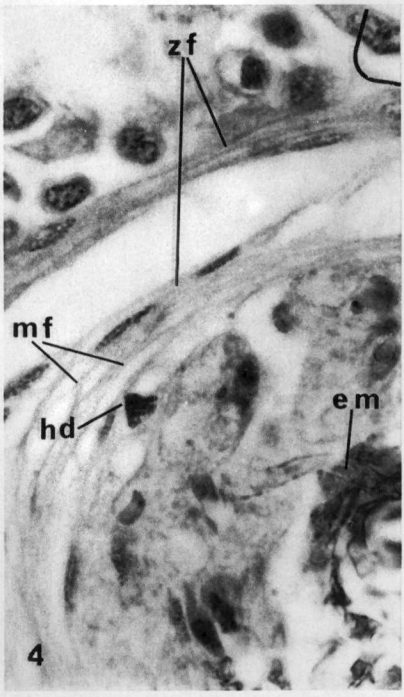
1



2



3

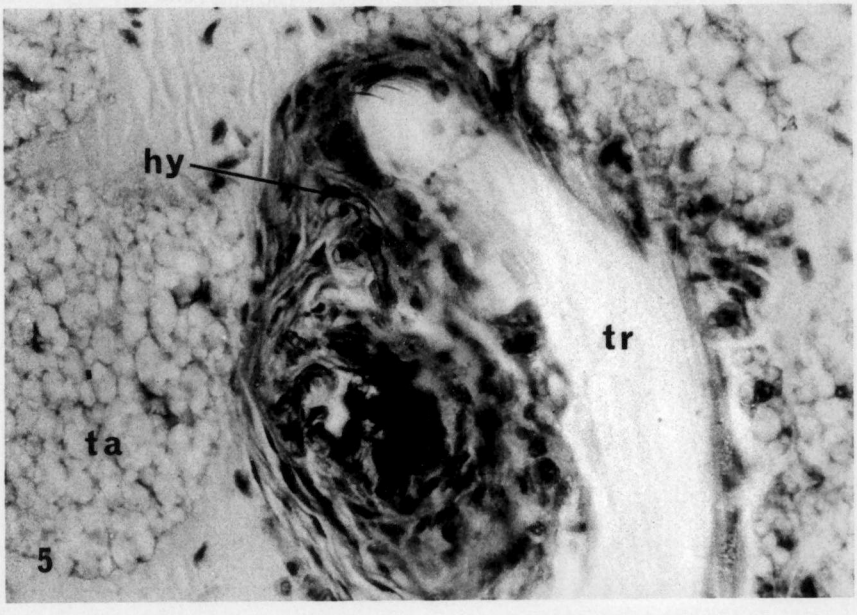


4

A. VEY, C. VAGO.

PLANCHE II

FIG. 5. — Cas de guérison.
Filament mycélien d'*A. Niger* enveloppé dans un fourreau de type granulome.
Hémalum — Picro — indigocarmin. X : 420.
ta : tissu adipeux ;
tr : trachée ;
hy : hyphe.



A. VEY, C. VAGO.

Ann. Zool. Écol. anim., 1969, **1** (2), 127-147.

A STUDY OF FLUCTUATIONS IN THE CITRUS BUD MITE POPULATIONS (1)

M. STERNLICHT

Division of Entomology,
The Volcani Institute of agricultural Research, Bet Dagan (Israel)

SUMMARY

A comparison is made between two methods of estimating fluctuations in mite populations: counting them in dissected buds, or in a water solution after centrifugally separating them from buds. The monthly fluctuations were studied on different citrus varieties at three localities. Three factors affecting population size, climatic conditions, growth cycles and predaceous mites are discussed. An estimate of timing population outbreaks and mite dispersion is given.

INTRODUCTION

The citrus bud mite, *Aceria sheldoni* EWING (*Acarina, Eriophyidae*), is a major pest of different citrus varieties in most Circummediterranean groves and in some other parts of the world. Several investigators have studied the problem of fluctuations in the mite population and the factors affecting them. HELY (1939) observed that a high air temperature (47.5°C) along with a low relative humidity may destroy the bud mite populations completely in Australia. BOYCE and co-workers (1938, 1944), established the symptomology of this pest and summarized that population increase and mite dispersion (= migration) occur on trees in summer and in fall, as a result of favorable temperatures and a high relative humidity. JEPPSON, JESSER and COMPLIN (1958) studied factors affecting populations of this mite, and its control, from 1951 to 1957 in lemon orchards in southern California. They observed a seasonal population cycle which was closely correlated with seasonal climatic changes of

(1) Contribution from The Volcani Institute of Agricultural Research (N. U. I. A.), Rehovot, Israel. 1968 series, No. 1363-E. This work is a section of a research project which was financed in part by a grant from the U. S. Department of Agriculture, under P. L. 480.

temperature, relative humidity and plant growth cycles, which cause the mites' increase and dispersion in summer and a population decrease in winter.

In the present work much importance was attached to the determination of montly variations in bud mite populations on different citrus varieties and different localities, since such data have many implications for the study of other ecological phenomena. Factors affecting the fluctuations in population are discussed, namely field observations and laboratory trials on climatic conditions, growth cycles and the predaceous value of mites associated with the citrus bud mite.

MATERIALS AND METHODS

Counting Methods

Two methods are generally employed for counting the monthly fluctuations in mite population on citrus trees : (*a*) counting the number of mites on the buds by dissecting the buds under a stereomicroscope ; and (*b*) counting the mites in water solution, after their separation from the buds by centrifugation (STERNLICHT, 1966).

Sampling Techniques

Samples were taken at random of 12 twigs from around one tree of each citrus variety, serving until now as an observation point at Bet Dagan, and from two trees each (six per tree) at Zur Moshe and Allonim. In the first method (*a*) three terminal buds and three lateral buds from each branch were dissected under a stereomicroscope and the mites were counted. In the second method (*b*), for comparison, the same branches and neighbouring buds of these used in method (*a*) were tested. One terminal and one lateral bud from each brachn were cut, their mites extracted centrifugally and counted (STERNLICHT, 1966).

Variations and shortcomings in the method of counting mites

Variations in method (a) *and its improvement.*

The count on the buds proper, which seemed to be the more thorough method, showed very large variations between different buds and different branches in the course of statistical analysis.

The following changes were introduced since 1966 : 40 branches from around one tree, of each citrus variety, were taken at random at Bet Dagan, and from two trees (20 per tree) at the other localities mentioned above. The samples at Bet Dagan were taken twice monthly (20 in the middle of each month and 20 at its end) and at the other localities only once, almost always on the same date of each month. From each branch, instead of six buds only two were taken ; thus a total of 80 buds was examined by dissection (instead of 72 as hitherto). In addition, also two neighbouring buds (a terminal and a lateral one) from each of the above mentionned branches, were cut for the centrifugation method.

By increasing the number of branches per tree investigated at random, we obtained a better estimate of the number of mites in the tree. However, the variance between the branches of one and the same tree increased proportionally to the number of mites found in the buds, and the coefficient of proportionality varied between 1 and 20, according to the citrus variety and the season of the year. The variance between the two trees serving as observation points at different localities, was 1.5-2 times greater than that between the branches (1).

Shortcomings in method (b) *and its improvement.*

The second method of counting the mites after separation from the buds by centrifugation, is indeed more effective than that (shaking) used in Europe for the black currant mite (COLLINGWOOD, BROCK, 1959 ; STERNLICHT, 1966). However, the results could not be regarded as satisfactory when compared to the direct count of the buds, because of two shortcomings : The buds cut from the branch and transferred to soaking and centrifugation did not always open, and the mites, usually in small population (1-5 per bud), could not be detected. The samples of solution taken after centri-

(1) The mean of variance is not given because of the high instability in the estimate of variance.

fugation, for counting the mites extracted, show high variability between samples of the same test. In order to eliminate these shortcomings, a number of trials were conducted and the following gave the best result until now : The two buds were removed by several cuts and the slices were soaked for one hour in a 3cm³ solution (instead of 10cm³ as hitherto) containing 0.2cm³ E. D. T. A. (diamino-ethane-tetra-acetic acid disodium salt) and 2.8cc distilled water. (Better results were obtained, but not sufficiently proved, with 0.1cm³ sodium dodocyl sal. plus 0.1cc E. D. T. A. and 2.8cc water.) The bud bracts swell and the mites release easier.

After centrifugation (20 minutes at 300 rpm), the entire quantity was examined on a 3cm³ perspex counting slide container, with the aid of a stereomicroscope.

Fluctuations in population

Both of the mite-counting methods may be used for estimating monthly fluctuations in population ; however, in the work described below, except for a comparison of the methods of counting, the data on mite populations are based only on the direct count of the buds.

Localities and orchards

In order to study the fluctuations in the mite population on different citrus varieties in relation to environmental factors, monthly counts were made of mites from infested and untreated trees of *Shamouti (= Jaffa)*, *Valencia* and *Bitter orange*, and grapefruit and lemon.

The *Bet Dagan orchard* (near Tel Aviv) consists of 300 acres of different varieties. Nine-year-old lemon, *Bitter orange*, grapefruit and *Valencia* orange trees, all untreated by any pesticide for three years. Two trees of each variety were selected but only one tree was actually inspected.

The *Zur Moshe orchard* consists of 120 acres of ten-year-old *Shamouti (= Jaffa)* orange trees. The trees had received no pesticide treatment for one year prior to the experiment. Two rows of ten trees each were left untreated during these experiments and always the same two trees were examined.

The *Allonim orchard* consists of 20 acres of ten-year-old grapefruit trees. Two rows of ten trees each were left untreated, from which the same two trees were always examined. The trees were spaced 6 × 3 m apart and irrigated by low sprinklers to a height of 1.5 m at all localities.

Factors affecting population fluctuations

Temperature and relative humidity data were obtained from the Israel Meteorological Service. The average minimum and maximum temperatures, based on ten-day averages, were noted at or near each observation location. The relative humidity was measured daily at 08 00, 14 00 and 20 00 hours. Relative humidities below 30 p. 100 and wind velocity were measured every three hours daily at the Bet Dagan Meteorological Station near the experimental orchard.

a) *Hot and dry winds.*

Experiments were carried out in the laboratory with infested seedlings or citrus branches on the influence of dry and warm winds on the mite population size and reproduction.

In rearing chambers (7.2 m³ in size) with wooden frames and walls of double plates, a « Defensor » (Defensor AG, Zürich, Switzerland) maintained the required humidity, and adequate temperatures were achieved with an air conditioner which maintained the desired values (+ 0.5°C). A « Zephyr » home-purpose ventilator was placed on the floor for heating and air circulation. The instrument has a coil resistance element with two grades : 1 = 1000 W and 2 = 2000 W. Its vane is covered outside by a 1 mm thick wire net of 5 mm mesh. The vane was usually used on the fast setting. In order to obtain a dry wind from the ventilator, the temperature in the rearing chamber was set before the beginning of the experiment, to 15°C ; during the experiment, because of the heating ventilator, it rose to 29°C and the RH was 35 p. 100 ; around the seedlings, the temperature was 39°C and the RH was 25-30 p. 100. The wind speed, at a distance of 10 cm from the ventilator, was 2.5 m/sec. ; opposite the centre of the ventilator the wind speed was only 0.8 m/sec. In two other chambers, of a size similar to that mentioned above, other combinations were achieved, e. g. a lower wind speed of 1 m/sec, a 40-45 p. 100 RH around the seedlings, at a distance of 40 cm-1 m from the blower.

Twenty seedlings were used in each trial, infested with 15 mites each, at least one week before the beginning of the trials. An approximate count of the mites was made under a stereomicroscope before the trial, as far as possible not to harm the tissue of the buds, and again precisely, by dissection of the buds at the end of it. The number of dead and live mites was noted. All the saplings used in these trials were four months old, of similar size, with stem lengths varying between 5 and 10 cm and 3-5 leaves on each stem. In addition to the seedlings also very infested branches, 30-40 cm long, of different citrus varieties, kept in bottles of water, and infested seedlings 8-10 months old, were exposed for different lengths of time to the blower. The temperature in these trials was 39°C with 25-30 p. 100 RH and a wind speed of 2.5 m/sec.

b) *Growth cycles.*

To estimate the influence of different types of buds, terminals or laterals, on the reproduction and population size of the citrus bud mite, the following trials were carried out in the laboratory :

1. Seedlings with terminal buds which had an additional leaf sprout 1-15 mm long were selected, along with other seedlings for comparison without a leaf sprout (a total of 40), were infested with 15 bud mites each, and examined for mite reproduction.

2. Seedlings 8-12 months old with fully developed lateral buds were selected and tested as follows : The terminal buds of 12 seedlings in each trial were covered with « Tag » compound, a skin coating used for citrus fruits (Ben YEHOSHUA 1967). This prevented infestation of the terminal buds by the citrus bud mite without harming the terminal tissue, which could probably change the balance of the growth substances in the different buds of the seedlings. These seedlings were compared to others with their terminal buds left uncovered and infested with the bud mite as mentioned above.

Estimating population outbreaks and the subsequent infestation of new buds by them.

In order to discover the time of the population outbreaks of this pest, citrus seedlings were placed on the untreated trees used for examination, and changed every month. Twenty-cc plastic bottles were used to hold a nutrient solution and, through a hole in the stopper, a young seedling. These bottles were tied to branches on the trees. The seedlings were checked for infestation fortnightly under a stereomicroscope. Since 1967, a total of 40 saplings (20 per tree, instead of the ten or 15 used previously) has been examined on each of the varieties. The seedlings kept in nutrient solution are grown in the laboratory from citrus seeds and are always clear of any mite infestation. The use of these saplings was, no doubt, preferable to branches or potted seedlings, which, in addition to the possibility of having been infested by bud mites, dried up on the trees after several hours, or in the pots if unwatered, after several days.

c) *Predaceous mites.*

To estimate the possible effect of mites associated with the citrus bud mite on the latter's population size, the feeding of these mites on the citrus bud mite was tested by the following method : Discs of citrus leaves, approx. 2 cm in diameter, were placed on cotton wool which had been submerged in water and placed in open Petri dishes. Five leaf discs were placed in each Petri dish. On the ventral side of the leaves cellophane discs, 2 mm in diameter, were attached to each leaf for thigmotaxis of the citrus bud mite (details of this will be described separately in a paper on the biology of the citrus bud mite). Five to 20 mites were transferred to each leaf disc from infested buds. When some of the citrus bud mites settled under the discs, after several hours, one or two specimens of any family of mites associated with the bud mite were added to each of four leaf discs while the fifth leaf disc was retained for comparison. The mites were checked after six hours and then every 24 hours. Additional bud mites were added if the original ones had been preyed upon and their number had dropped. Several trials were also carried out with specimens of two different families of mites associated with the citrus bud mite, on their competition and preference in feeding or preying. e. g. specimens of Phytoseiids or Stigmaeids were brought together with Tydeids or Tarsonemids on leaf discs infested with the citrus bud mite.

RESULTS

I. — COMPARISON OF COUNTING METHODS

The following results of counting mites in order to estimate monthly fluctuations in population are from experiments conducted over a period of five months with two methods : the direct count of the mite population on buds in comparison with the count after centrifugation. The relationship between results obtained with the two methods is given below.

The relationship between the two methods and their analysis

The relationship between results obtained in the centrifuge method and from a direct count in buds is given in table 1.

TABLE I

The relationship between centrifuge and direct counts on buds in estimating the mite population
(Twenty branches were sampled from one tree of each variety ; one terminal and one lateral bud were examined on each branch for a direct count, and the neighbouring one terminal and one lateral bud on each branch, for centrifuge.
The numbers represent the relative total of mites obtained by centrifuging 40 buds)

Relations entre le dénombrement direct et à la centrifugeuse dans l'estimation des populations d'Acariens sur les bourgeons
(vingt branches ont été sélectionnées sur un arbre de chaque variété ; un bourgeon terminal et un bourgeon latéral ont été examinés sur chaque branche pour le dénombrement direct, et un bourgeon terminal et un bourgeon latéral voisins sur chaque branche, pour la centrifugeuse.
Les chiffres obtenus représentent le nombre total relatif d'Acariens déterminé par la centrifugation de 40 bourgeons).

Month	*Valencia*	*Bitter orange*	Lemon	Grapefruit	Mean
April	0.60	0.80 0.87	0.33 0.36	0.77 0.25	0.63 0.49
May	0.50	0.50	0.38	0.63	0.50
June	0.91 0.41	0.75 0.40	0.86 0.53	0.93 0.64	0.86 0.49
July	0.31 0.44	0.72 0.85	0.82 0.66	0.83 0.87	0.67 0.70
August	0.47	0.92	0.56	—	0.65
Relative mean for all months	0.52	0.73	0.56	0.70	
			Total mean		0.63

Analysis of variance

Two analyses of the data were performed : one was an analysis of variance on the logarithm of the ratio between the centrifuge (B =) X_1 and the direct count (A =) X_2. The analysis showed that there are no significant differences in λ between months or between varieties (table 1). The confidence interval obtained (at the 95 p. 100 level) was :

$$0.30 \leqslant \lambda \leqslant 0.90$$

In other words, if we wish to know the real number of the mite population (A =) X_2, from the centrifugation (B =) X_1, then we can estimate it by :

$$X_2 = 1.7\ X_1,$$

and the confidence interval is :

$$1.1\ X_1 \leqslant X_2 \leqslant 3.3\ X_1$$

The second analysis is based on the linear coefficient of correlation and examines the efficiency of count in the centrifuge (B =) Y, versus the direct count on the buds, (A =), X. The results obtained were as follows :

a) For measurements taken on citrus trees during the period April-August :

$$\frac{XY}{N} - \bar{X}\,\bar{Y}$$

$$r_{XY} = \frac{\sum XY - N\bar{X}\,\bar{Y}}{\sqrt{(\sum X^2 - N\bar{X}^2)\,(\sum Y^2 - N\bar{Y}^2)}} = 0.99$$

b) For measurements taken on *Valencia* during this period :

$$r_{XY} = 0.875$$

c) For measurements taken on *Bitter orange* during this period :

$$r_{XY} = 0.99$$

d) For measurements taken on lemon during this period :

$$r_{XY} = 0.92$$

The analysis of variance proved that when studying small populations, the technique of mite count by means of centrifugation is still not satisfactory as compared to direct count on the buds. Pearson's coefficient of correlation, however, shows that since $r > 1$, the centrifuge technique can replace the direct count on buds. The differences in r' revealed in the three citrus varieties studied might originate from the important differences in population of the various varieties, and probably due to other reasons as well.

II. — Fluctuations in the population

Figure 1 shows the monthly fluctuations in population on lemon and *Bitter orange* only at Bet Dagan as the most characteristic (details on fluctuations in population on other varieties and localities will be published separately). These fluctuations often varied between varieties in the same grove : often a population increase was noticed on one variety and a decrease in another variety. However, in general, there were many similarities among the varieties and locations. The months in which a decrease in population occurred from 1963 to 1967 on each of the varieties, are often the same. Despite the differences found in fluctuations between the varieties, the population trend for each, during the years of observation, is very conspicuous ; the peaks almost always occur between spring and summer, and the lows in winter.

Population density in different citrus varieties

The population density was different for each citrus variety. From table 2 it can be seen that it was highest in 1966, and that the lemon ranked first, followed by grapefruit.

III. — Factors affecting the population fluctuations

Three factors, among others, seem to influence this phenomenon of fluctuations in population : climatic conditions, growth cycles of the trees, and predaceous mites.

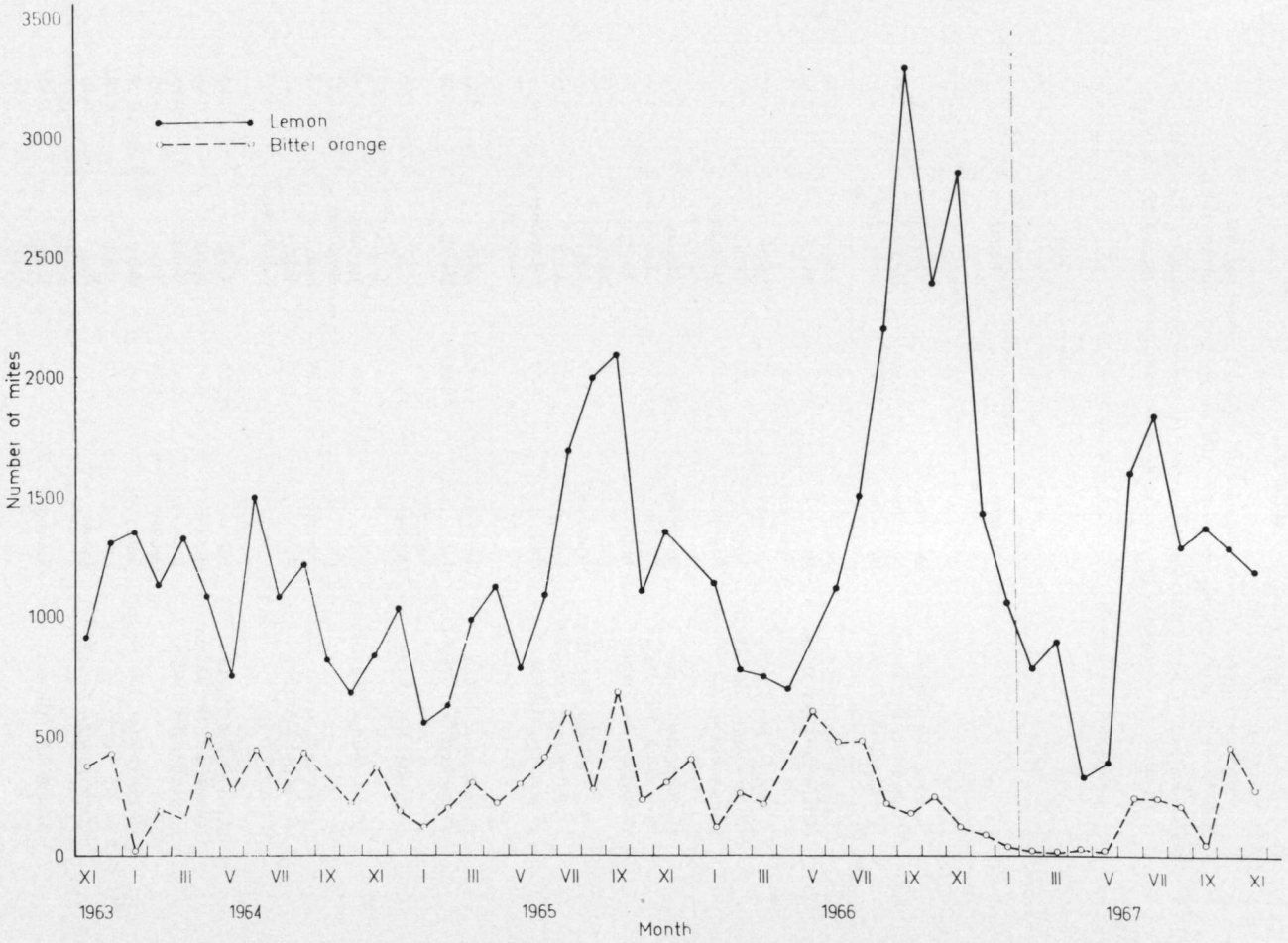


FIG. 1. — *Fluctuations in population of the citrus bud mite at Bet Dagan during 1963 to 1967 on lemon and* Bitter orange trees
Fluctuations dans les populations d'acariens des bourgeons d'agrumes à Bet Dagan de 1963 à 1967 sur citronnier et orange amère

TABLE 2

Average number of mites per bud in different citrus varieties
(based on 72 buds during 1963-1966 and on 80 buds during 1967)
Nombre moyen d'acariens par bourgeons chez les différentes variétés d'agrumes
(d'après 72 bourgeons de 1963-1966 et 80 bourgeons en 1967)

Years	Host and site	Mite populations			
		Highest in months	No of mites	Lowest in months	No of mites
1963	Lemon, Bet Dagan	December	19	November	12
	Grapefruit, Bet Dagan	November	4.66	December	1.97
	Valencia, Bet Dagan	December	10.37	November	4.19
1964	Lemon, Bet Dagan	June	20.81	August	10.80
	Grapefruit, Bet Dagan	May	13	March	3.63
		November	14		
	Valencia, Bet Dagan	October	8.31	April	0.47
	Bitter Orange, Bet Dagan	April	8.33	January	0.19
	Jaffa Orange, Zur Moshe	August	9.40	December	2.73
1965	Lemon, Bet Dagan	September	29	January	7.65
	Grapefruit, Bet Dagan	August	18.18	January	1.59
	Valencia, Bet Dagan	June	8.15	January	2.79
		July	8.38	April	2.15
	Bitter Orange, Bet Dagan	September	9	January	1.59
	Jaffa Orange, Zur Moshe	July	7.37	April	3.16
	Grapefruit, Allonim	May	10.89	September	0
				December	0.76
1966	Lemon, Bet Dagan	September	44.97	April	9.55
	Grapefruit, Bet Dagan	July	19.91	March	2.58
		Aug.-Sept.	18.62		
	Valencia, Bet Dagan	October	18	May	1.13
				January	2.69
	Bitter Orange, Bet Dagan	July	6.66	January	1.69
		May	8.37	December	1.27
	Jaffa Orange, Zur Moshe	November	13.84	March	1.41
	Grapefruit, Allonim	May	6.83	July	0.45
				February	0.93
1967	Lemon, Bet Dagan	July	22.57	April	3.87
	Grapefruit, Bet Dagan	October	8.01	April	0.48
	Valencia, Bet Dagan	January	6.91	March	0.08
		October	5.66	May	0.09
	Bitter Orange, Bet Dagan	June	3.04	March	0.08
		July	3.10	April	0.20
	Jaffa Orange, Zur Moshe	January	3.88	May	0.13
				April	0.16
	Grapefruit, Allonim	November	6.58	January	0.87
				April	0.57

A. — *Climatic conditions*

The fluctuating seasonal *temperatures* in the winter months may be the cause of drops in the population size. The average minimum temperature during December-March (1963-1966) fluctuated between 7 and 8°C ; the average maximum was between 17 and 20°C (fig. 2 A). In 1967, during January-March, the minimum fluctuated between 6 and 7°C and the maximum between 15 and 17°C.

The effect of low *relative humidity* on the decrease in population was not conspicuous during 1963 to 1967 (fig. 2. B). The duration of low relative humidity hours is given in figure 2 C. These hours of low relative humidity were often accompanied by high wind velocity (10 to 20 knots), especially in April of 1966. As seen in figure 2 C, a relative humidity below 30 p. 100 occured during March to May in every year of observation.

In relation to the influence of a dry and warm wind on the mite population, experiments were carried out in our laboratory (see below) which proved that a *warm and dry wind* blowing on the infested plants had a lethal effect on the mites and their reproduction in the buds.

Results of laboratory experiments with dry and warm wind.

The results of the trials on the influence of a relative dry and warm wind on the population of mites in the buds are given in figure 3. As seeen from this figure, the experiment with saplings kept at 34°C with 35-40 p. 100 RH, in still-air conditions, had the highest total percentage of mite survivals. On the other hand, at 44°C with 25-30 p. 100 RH and a wind speed 2.5 m/sec., the percentage of surviving mites dropped to 30 p. 100 after six hours.

The surviving mites in the above mentioned experiments were almost always found in buds, which were more or less protected by leaves of neighbouring seedlings, or hidden deep in the buds. The dead mites were usually found outside or in the external bud bracts.

Trials in addition to those mentioned above were carried out with infested, 30-40 cm long, citrus branches, and with 8-10-month-old saplings infested prior to the start of the experiment, at 39°C, 25-30 p. 100 RH and 2.5 m/sec. wind speed. A high mortality of mites was noted (3 to 8 per bud) in the first two days of observations, which increased a day later, and almost always in the buds which were exposed in front to the warm and dry wind blow. The surviving mites were usually, as in former trials, found in buds protected by leaves or hidden deep in the interior of the buds. In most of the above mentioned trials, the eggs laid by the mites were found uninjured, and most of them, except for those kept at 44°C, hatched when the saplings were returned to 20-25°C and 80 p. 100 RH conditions.

Based on observations made in the trials mentioned above it is worthwhile emphasizing that the size of plants, their age, number of leaves, as well as the orientation of the plants to the dry-warm wind blow, are important factors which may increase or decrease the influence of the dry-warm wind on the mite population in the buds. Thus, infested buds of small seedlings with but few leaves (two), or with buds oriented in front to the dry-warm wind blow, were more affected and the percentage of kill was higher than in buds of bigger saplings, protected by leaves or not oriented to the dry-warm wind blow.

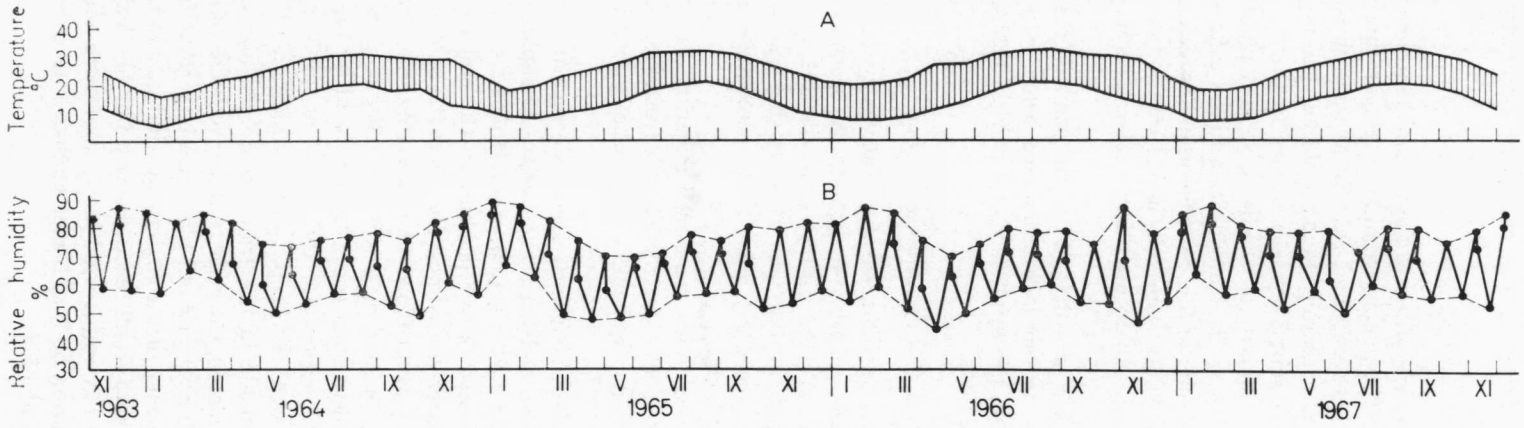


FIG. 2 *a.* — *Average minimum and maximum temperatures* (°C) *based on ten-day average data*
Moyennes de t° minimum et maximum (°C) *d'après les moyennes de 10 jours*

FIG. 2 *b.* — *Relative humidity* (p. 100) *measured daily at 08 00, 14 00 and 20 00 hours*
Humidité relative (p. 100) *mesurée journellement à 8 heures, 14 heures et 20 heures*

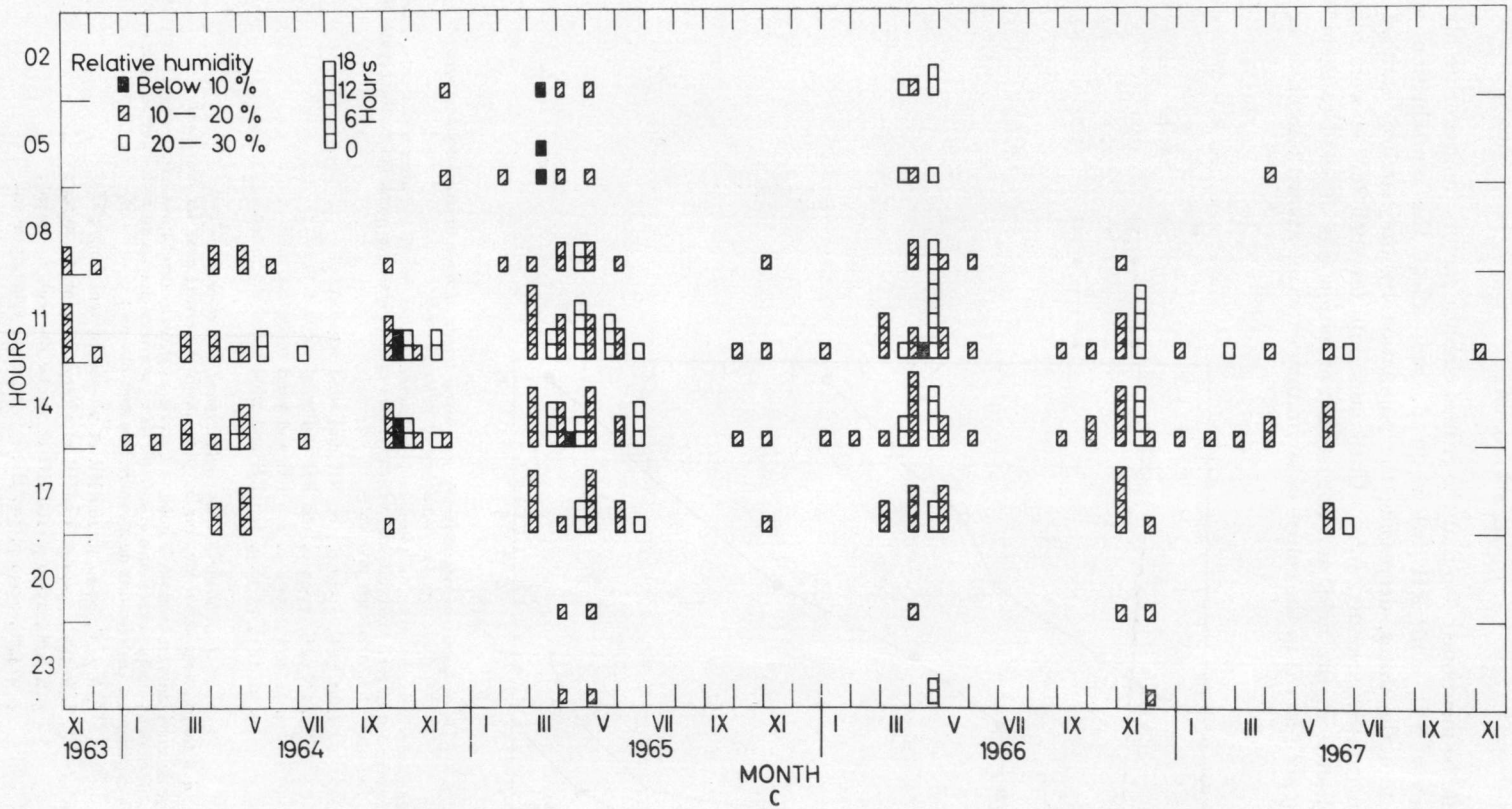


FIG. 2 *c*. — *Relative humidity* (p. 100) *below 30 p. 100 measured every three hours daily at Bet Dagan during 1963 to 1967*
Each box in a column represents an observation of three hours (The relative humidity and the temperatures at Zur Moshe and at Allonim were similar)

Humidité relative (p. 100) *au-dessous de 30 p. 100 mesurée toutes les 3 heures chaque jour à Bet Dagan de 1963-1967*
Chaque case dans une colonne représente 3 heures d'observation (L'humidité relative et la t^o étaient identiques à Zur Moshe et à Allonim)

It should be mentioned also that the critical climatic factors (temperature above 35°C or below 8°C, and RH below 40 p. 100) affect the reproduction and development of the mites, decreasing the population by the hatched number of abnormal larvae (STERNLICHT, 1967). Until now only few such larvae were found in buds collected in the field, and not enough attention was directed to them. We encountered such larvae in the course of laboratory experiments with hatching eggs.

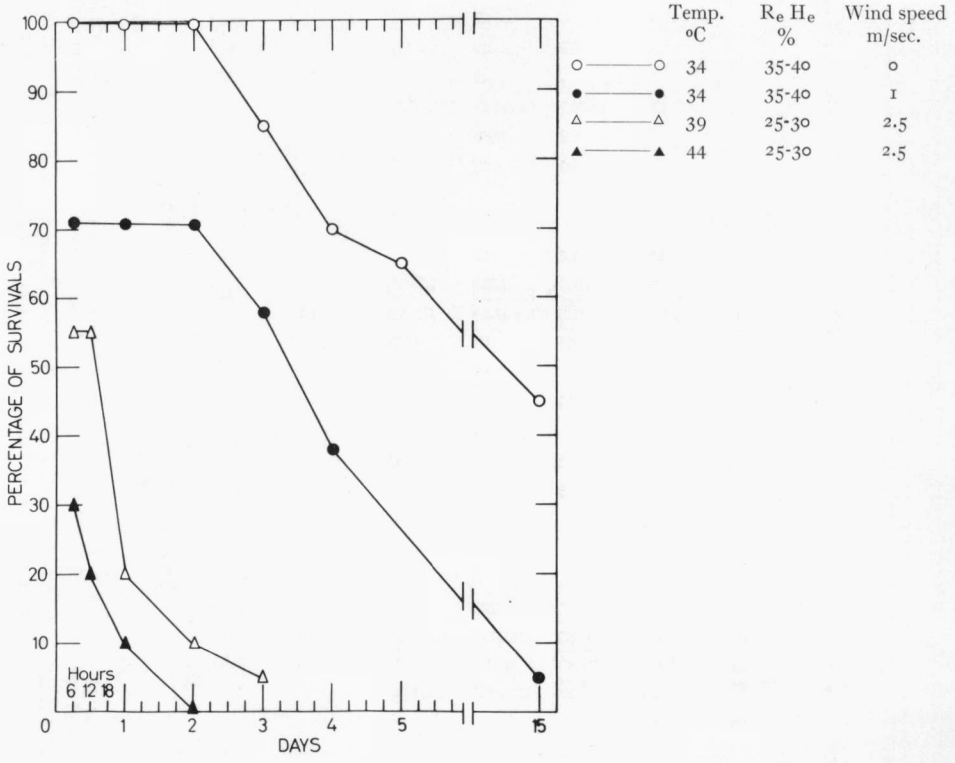


FIG. 3. — *The influence of relatively dry and warm winds at three different temperatures on the population of mites in buds*

The percentage of survival is based on the total number of mites counted before and after treatments. Twenty seedlings were used in each trial, infested with 15 mites each at least one week before the beginning of the trial. Results of four trials are given :

1. at 34°C, 35-40 p. 100 RH and wind speed 0 ;
2. at 34°C, 35-40 p. 100 RH and wind speed 1 m/sec. ;
3. at 39°C, 25-30 p. 100 RH and wind speed 2.5 m/sec. ;
4. at 44°C, 25-30 p. 100 RH and wind speed 2.5 m/sec.

L'influence de vents relativement secs et chauds à 3 températures différentes, sur les populations d'acariens dans les bourgeons

Le pourcentage de survivants est basé sur le nombre d'acariens calculé avant et après le traitement. Vingt plants ont été utilisés dans chaque expérience et infestés de 15 acariens chacun au moins une semaine avant le début des expériences. Les résultats de 4 expériences sont donnés :

1. à 34°C, 35-40 p. 100 HR et vitesse du vent nulle ;
2. à 34°C, 35-40 p. 100 HR et vitesse du vent 1 m/sec ;
3. à 39°C, 25-30 p. 100 HH et vitesse du vent 2.5 m/sec ;
4. à 44°C, 25-30 p. 100 HR et vitesse du vent 2,5 m/sec.

B. — *Tree growth cycles*

The growth cycles, such as the time of growth and the number of flushes in the trees during a year, are an additional factor which may influence the fluctuations in population. The flush in trees « depends upon many factors, such as variety, climatic and weather conditions, cultural practices, amount of crop borne by such trees, their age and so-on » (RONDHAWA, DINSA, 1957).

The new growth in most citrus varieties usually occurred during August-September and February-April, and sometimes also in June-July. These months were often accompanied by the phenomenon of mite dispersion and subsequent bud infestation by them.

New buds and mite reproduction.

Observations carried out in our laboratory have shown that regardless of where the mites had been left on the seedlings, they always settled, after a migration of two-three days, on the terminal buds (see also STERNLICHT, 1967). The mites preferred to settle under young leaves 1-3 mm long and on the apical meristem of terminal buds. These new terminal buds, being richer in growth substances and having them earlier than the lateral buds, seem to influence the multiplication of the mites by supplying them with vital food.

Results of experiments with infesting terminal buds.

In relation to these observations two different preliminary experiments were carried out in our laboratory. 1) The degree of infestation of seedlings with terminal leaf sprouts was compared to seedlings without leaf sprouts in the terminal buds. 2) The mite population in buds of seedlings with sealed terminal buds was compared to that of seedlings of unsealed terminal buds. The preliminary trials of experiment 1) showed that the numbers of mites which settled, and of eggs laid, were higher in seedlings with a leaf sprout than in those without, 3-6 days after infestation. During three weeks of observation the mite population in the seedlings with terminal leaf sprouts was higher (4-8 mites per bud) in almost all of them than in those without such a sprout (2-5 mites per bud). This was probably due to the better shelter found in the leaf sprout or perhaps to the richer food supply.

The preliminary trials of experiment 2 proved that, a month after the beginning of infestation, the mean number of mites per sapling was three-four fold greater in untreated seedlings than in those with their terminal buds sealed. The mean number of mites per bud, of 40 seedlings, in each trial was 20.6 mites in terminal and 5.6 mites in lateral bud.

The citrus bud mite in winter.

The citrus bud mites and eggs were usually found during the winter months, in undevelopped buds of 1-3-year-old branches of lemon trees, in which the terminal buds were already destroyed. However, the population density was lower, most probably not only due to the direct influence of climatic factors but also indirectly to short winter days (with the resultant short photoperiod, the slow rate of photosynthesis and slow plant tissue growth), and to scarcity of a suitable food supply of the dormant or undeveloped buds.

Estimating population outbreaks and subsequent infestation of new buds.

Experiments carried out with saplings growing in containers attached to different citrus varieties proved that the dispersion of mites and the subsequent infestation of the attached saplings occurred during months of maximum population levels on the buds of the citrus trees, and vice versa. The experiment proved also that lemon (during 1965-1967) and *Shamouti* orange trees (in 1967) had the highest mite dispersion.

From the data obtained from 1965 to 1967 at Bet Dagan, it is evident that generally, a quite marked dispersion of mites and infestation of the new buds of citrus varieties occurred in late summer and early fall (table 3). On the other hand, the dispersion of mites and intensive contamination of the saplings attached to the trees occurred during late winter (from February) on *Shamouti* orange at Zur Moshe and on grapefruit at Allonim. The high winter dispersion (February-March) at these two locations was in addition to that noted also in summer and fall. As seen from table 3, the mites began to disperse on lemon at Bet Dagan in April, reaching a peak in the period from July to November of 1966 and from May to July of 1967 (see fig. 1, for population density of mites). The winter dispersion on *Shamouti* oranges at Zur Moshe might have been sporadic in 1967. It is hoped that further observations in the future will clarify the matter.

C. — *Predaceous mites*

The predaceous mites associated with the citrus bud mite effect a reduction in the population of this pest. All mites found associated with the citrus bud mite were collected sporadically on citrus varieties in the course of a survey on mites inhabiting citrus groves, on buds dissected fortnightly under a stereomicroscope for population count, and on seedlings attached monthly, in containers, to the trees, in order to estimate the time of mite dispersal (table 3).

The predatory value of the collected mites.

Representatives of six families of mites were collected and found to be associated with the citrus bud mite. Four of them, *Phytoseiidae, Stigmaeidae, Eupelopsidae* and *Cheyletidae,* are known predators ; the other two, *Tarsonemidae* and *Tydeidae,* are known to be scavengers, fungifagous, phytophagous, coprophagous and probably also predatory. The field observations (*F. O.*) and laboratory tests (*L. T.*) described below were carried out in order to estimate the predatory value of mites associated with citrus bud mites.

Phytoseiidae.

Specimens of four species were found near or in the buds : *Amblyseius swirskii* ATHIAS ; *Typhlodromus athiasae* PORATH and SWIRSKI ; *T. rhenanus* (OUDEMANS) ; *Iphiseius degenerans* (BERLESE). 1. *Amblyseius swirskii* ATHIAS (PORATH, SWIRSKI, 1965), *F. O.* : A very good hunter of the bud mite ; specimens are common in all coastal groves on most citrus varieties ; seen searching near infested buds or behind them as larvae and as adults, the latter if the buds were big and open. *L. T.* : Ten to 15 bud mites were devoured daily by one adult specimen. Eggs were laid on the leaves

TABLE 3

The percentage of infestation of seedlings attached to citrus trees at three sites during 1965 to 1967
(based on 20 seedlings in 1965-66 and on 30 seedlings in 1966-1967)

The numbers are of infested seedlings : *d* = seedlings died ; + = 1-3 mites found in each bud ; ++ = 4-6 mites ; +++ = 7 or more mites ; *br* = *Brevipalpus* spp. ; *rm* = Rust mite ; *st* = *Stigmaeidae* ; *ta* = *Tarsonemidae* ; *te* = *Tetranychidae* ; *ty* = *Tydeidae*. The numbers in parentheses are data from 1966-67.

Taux d'infestation des plantules attachées aux agrumes dans 3 endroits de 1965 à 1967 (d'après 20 plantules en 1965-1966 et 30 plantules en 1966-1967)

Month	Bet Dagan				Zur Moshe	Allonim
	Lemon	Grapefruit	*Valencia*	*Bitter orange*	*Shamouti* (= *Jaffa orange*)	Grapefruit
November	30 ++ (0)	5 + (0)	(0)	(0)	10 ++ (10)	20 ++ (0)
December	0 (10) 20 *ph* ; 5 *ty*	0 (3) 30 *rm* ; 15 *br*	(0)	(0)	0, d (0)	10 + (0)
January	5 + (0) 5 *br* ; 15 *ph*	0 (0) 15 *ph* ; 10 *ta* ; 5 *ty*	(0)	(0)	10 +++ (0)	0 (0) 15 *br* ; 5 *ph*
February	0 (0) 15 *ph*	0 (0) 5 *br* ; 15 *rm* ; 5 *st*	(0)	(0)	0 (13)	5 + (40)
March	0 (0)	0 (10) 5 *br* ; 15 *rm*	(0)	(0)	0 (63)	0 (7) 15 *ph*
April	15 + (3) 5 *ph* ; 5 *st* ; 10 *ta*	0 (0) 5 *ph* ; 15 *rm* ; 10 *ta*	(0)	(3)	0 (3) 20 *ph* ; 5 *st* ; 10 *ta*	0, d (13)
May	15 + (0) 15 *ph* ; 15 *st*	0, d (3)	(0)	(0)	0 (0) 10 *ph* ; 5 *ta*	15 + (0)
June	0 (27) 5 *ph* ; 10 *ta*	0 (7) 15 *st* ; 10 *ph* ; 20 *ty* ; 10 *ta*	(7)	(3)	0 (3)	0, d (3)
July	20 ++ (27)	0 (7) 15 *st* ; 5 *ty* ; 5 *st*	(13)	(20)	10 + (40) 5 *ph*	0 (7)
August	20 ++ (10)	5 + (3) 5 *rm* ; 10 *st* ; 5 *ta*	(0)	(0)	10 + (7) 5 *ph*	0 (0)
September	25 ++ (10)	5 + (7) 10 *ph* ; 25 *rm*	(0)	(0)	20 + (13)	15 + (7) 10 *ph*
October	20 + (13) 10 *ph* ; 15 *ty*	10 + (3) 5 *st* ; 15 *ta* ; 10 *te* ; 10 *rm*	(0)	(0)	0 (0) 15 *br*	0 (0) 10 *ph* ; 5 *ty*
Mean	13 (11)	2 (4)	(2)	(2)	5 (12)	5 (7)

infested in the laboratory with the bud mites. The larvae were seen feeding on the bud mites. Usually they were hidden under cellophane discs, searching and hunting near the bud mites. The adults were seen to be more active-running and hunting in all places on the leaf.

In addition, mites other than the bud mite were associated with this predator : *Tydeidae :* specimens of this family (BAKER, 1949 ; BAKER, WHARTON, 1952), were devoured daily by the adult phytoseid. *Stigmaeidae :* the specimens usually ran away, escaping from the leaf into the water, where they died. *Cheyletidae :* as far as we could note, the specimens of *Cheyletidae* and *Phytoseiidae* were harmless to each other. *Tarsonemidae :* specimens of this family were not observed to be preyed upon by the phytoseid mites.

2. *Typhlodromus athiasae* PORATH and SWIRSKI *F. O. :* Less common than the mentioned above species, but observed many times in infested grapefruit buds preying on the bud mite. *L. T. :* Approx. ten bud mites were devoured daily by one adult specimen. Eggs were laid, and larvae were hatched and hidden always under the cellophane discs, near the bud mites. The adults were less active and less running hunters than *A. swirskii* ; like the latter's larvae, were observed very often searching and hunting under a cellophane disc near the bud mites.

3. *Typhlodromus rhenanus* (OUDEMANS), *F. O. :* Rare, found several times near infested buds on different citrus varieties. *L. T. :* None.

4. *Iphiseius degenerans* (BERLESE), *F. O. :* Common on different citrus varieties ; observed throughout the year near infested buds. *L. T. :* In all trials the specimens died and were never observed feeding on the citrus bud mite.

Tydeidae.

1. *Tydeus* sp. n. *F. O. :* Specimens very common the whole year, in all citrus varieties ; found in infested as well as uninfested buds. *L. T. :* Specimens introduced into cages in which the bud mite was reared, devoured eggs and mites, especially larvae and nymphs. In tests on leaves, they were observed to be preying occasionally on young bud mites, devouring one to three bud mites daily. Most of the Tydeids introduced to the bud mites appeared to be harmless and were usually seen to be feeding on leaf tissue. They laid eggs on the leaves and the larvae hatched.

2. *T. californicus* (BANKS) are « predaceous on the citrus bud mite, *Aceria sheldoni* in southern California » (BAKER, 1965 ; BAKER, WHARTON, 1952). *F. O. :* Found on infested buds of grapefruit and *Shamouti* (= *Jaffa orange*) ; less common than *Tydeus* sp. n. According to our observations, the specimens of this species, like those of the previous one, seem to be also phytophagous, feeding on buds previously uninfested. *L. T. :* None.

Tarsonemidae.

Specimens of four species were collected in buds associated with the citrus bud mite. *Tarsonemus aurantii* OUDEMANS ; *T. mühlei* WETZEL ; *T. nodosus* SCHAARSCHMIDT ; *T. smithi* EWING. *F. O. :* Except for the first mentioned species, which is rare, they were found throughout the year. Specimens of all species were found in infested buds of different citrus varieties. *L. T. :* Never observed preying on the citrus bud mite tested on the leaves.

Stigmaeidae (GONZALÈS-RODRIGUEZ, 1963 ; SUMMERS, 1966).

Agistemus excertus (GONZALÈS, 1963) ; *Crenspinskia* sp. n. ; *Zetzelia* sp. n. *F.O.:* The specimens of the three species were found throughout the year on different citrus varieties ; they are rare during December to January. *A. excertus* was the most common species. Representatives of all species were found in the infested buds, preying on the citrus bud mite and on their eggs. They were very active and moved from one infested bud to another. *L. T.:* Five to eight bud mites were devoured daily by one adult specimen of the species mentioned above. No eggs were laid. The method of leaf discs on water seems to be inefficient in keeping these very active mites without cages, as they very often sink in water.

Eupelopsidae.

Saniosulus nudus (SUMMERS, 1966). *F. O.:* Specimens were rare, and found only a few times during summer months on *Shamouti* (= *Jaffa orange*) infested buds. *L. T.:* None.

Cheyletidae (BAKER, 1949).

Cheletomimus berlesei (OUDEMANS). *F. O.:* Very common in all citrus varieties ; during most of the year found in buds of young and old branches. A few specimens (two-five), aggregated in buds of one-three-year-old branches were observed during winter. This species was found preying on the citrus bud mite always behind the buds. They were slow creatures, and remained in one bud for a long time (several days). *L. T.:* Always found under the cellophane discs, because of thigmotaxis, hunting very close to aggregated bud mites. The empty skins of the devouring bud mites were usually stuck to the legs of the slow crawling predators. Approx. ten bud mites were devoured by one adult. Eggs were laid, and the subsequent larvae were observed like the adults, to be hidden under the cellophane discs.

From the above described *F. O.* and *L. T.* observations, it was proved that several species of the *Phytoseidae, Stigmaeidae* and *Cheyletidae* are a factor in reducing the population of the citrus bud mite in different citrus varieties.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Statistical analysis proved that the fluctuation in population can be determined by means of a centrifuge count as well as by direct counts of mites on buds ; however, when contamination is low and the number of mites in the buds is low (1-5), the centrifuge method is not so efficient as the direct count. During the last year the centrifuge method underwent many improvements, and thanks to the cuts made in the buds more mites are being released during centrifuging. The soaking of the cut buds in solutions of EDTA (and SDS) was another improvement, since, when soaked, the buds swell and open and the mites, which can survive 24 h in these solutions, can move about more easily. It is preferable to count the whole volume used during centrifuging than just a 1 cm^3 sample.

Additional improvements are still required to make the method more efficient for locating cases of low infestation and for identifying small numbers of mites. Statistical analyses indicate that reducing the variability of buds possibly by increasing the number of branches picked from each tree, will improve the efficiency of the method. Further improvements will make the method of separating mites by centrifuging and counting them in the liquid an efficient tool for determining the effect of various insecticides and their effectiveness.

In order to determine the effect of climatic conditions on the fluctuation in the population, we have to know the effect of the macroclimate on the microclimate prevailing among the bud bracts, where mites settle. Experiments on this problem carried out in our laboratory during the past year failed to produce satisfactory results. We lack an efficient tool or means for measuring the relative humidity in the spaces among bracts, as well as a hygrometer with a sensor sufficiently sensitive to measure such delicate differences. The use of cobalt thiocyanate paper (SOLOMON, 1957), for this purpose failed.

The low relative humidity and the high wind velocity (10 to 20 knots) may together prevent the accumulation of water vapor in bud bracts and, thus, effect a decrease in the mite population. In addition, these conditions seem to have a continuing reducing effect on the mite population of different citrus varieties during March-April, and may destroy the mites during their dispersion on twigs, while moving from the old buds to the new.

In this connection, it is worthwhile to compare the low relative humidity below 20 p. 100 in southern California with that prevalent in Israel (Bet Dagan). In California, the low relative humidity occurs in winter and has an immediate effect on the decrease in the population on Eureka lemon (JEPPSON *et al.*, 1958). In Israel a relative humidity below 20 p. 100 occurs in spring (April-May). A second period of low relative humidity occurs in both countries in the fall. A decrease in mite population on lemon trees in the months of low RH was, with an exception in November 1966, noted in Israel, with an increase almost always observed one month later (fig. 1). Usually the opposite was observed in southern California, with a decrease in the population occurring after months of low RH (JEPPSON *et al.*, 1958).

Comparing the fluctuations in population in Israel with those in southern California it was interesting to see that the results at Bet Dagan were similar to those obtained by JEPPSON *et al.* on lemons at the Filmore and Escondido Orchards (JEPPSON *et al.*, 1958). However, the explanation given by JEPPSON *et al.*, on that the population decrease which occurs in winter in southern California is a result of dry winds, can not be valid in our country. The dry winds in Israel always occur after the mite population on lemon trees has already decreased and usually a month before an increase in the population is noted. We believe that climatic conditions other than dry winds in winter cause the decrease in population in Israel. Nevertheless, further attention should be directed to the influence of dry winds during the spring and fall, as our laboratory experiments on the effect of dry and warm wind blow showed a large decrease of the citrus bud mite population, especially in buds oriented to the wind blow or unprotected by leaves.

The value of the growth factor was estimated in the preliminary trials, conducted in our laboratory, with sealed and, for comparison, unsealed terminal buds. However, further experiments on rearing mites on new and dormant buds may be of great

interest, especially if based on the values of growth substances (e. g. I. A. A. and its precursors) extracted from different buds, — infested laterals and dormant terminals —, and estimated quantitatively. The field and laboratory observations may explain the reason for fluctuations in population and the time of their dispersion, which coincided with new growth. In those cases where the population was low in spring, the reason seemed to be because the mites had not yet settled in the buds of the new growth, which were the ones taken for population counts.

The great number of seedlings contaminated by mites from tree buds might be interpreted in many ways. It is quite possible that the phenomenon can be related not only to the dense mite population on trees but also to the phenology of these trees and citrus varieties at the different localities. It is probable that the young flush which occurs in February affects the mites' dispersion at Allonim and Zur Moshe, and the flush in fall affects, for some reason, the mites' dispersion at Bet Dagan. In addition, it may be that the healthy buds on the saplings attached to the infested trees are attractive to the mites occupying destroyed or old buds. The experiment with seedlings connected to citrus trees is continuing so that additional explanations may be possible.

The value of the predator mite as a potential factor affecting the size of mite populations on citrus trees has been estimated by field observations and by laboratory tests.

Studying the effect of abiotic factors on fluctuations in population must follow closely the influence of the biotic factors, e. g. the lack or abundance of other prey as a food supply to the predators, so that phenomena will be interpreted correctly. According to observations made by SWIRSKI *et al.*, in 1965 and 1966 (SWIRSKI *et al.*, 1967) on citrus fruits inhabited by *Phytoseiidae*, the highest population (one-two), per fruit occurred during October-December. Our observations throw some light on the mode of action and movement of this predator during the different seasons of the year (table 3). Thus, the phytoseid mites were always found throughout the year with the exception of November on seedlings attached to trees infested by the bud mite ; at that time, however, the Phytoseids were rich in other food supply, as the rust mite prey was abundant on the citrus fruits.

It would be worthwhile also to determine more accurately, by field observations, how much the presence of other, non-predaceous mites affects the contamination of new buds.

The presence of *Tetranychus telarius* L. (= *cinnabarinus* BOISS. *Tetranychidae*) on branches and leaves in the laboratory reduces the population of the bud mites, probably due to the webs spun by the former.

Reçu pour publication en janvier 1969.

ACKNOWLEDGEMENTS

The identification of *Tydeidae* and *Cheyletidae* was made by Dr. E. W. BAKER, U. S. D. A., Washington, D. C. ; Dr. L. SCHAARSCHMIDT, Göttingen, West Germany, identified the *Tarsonemidae* ; and Professor F. M. SUMMERS, Davis university, California., the *Stigmaeidae*.

Professor E. SWIRSKI and Mr. K. R. S. ASCHER of the Volcani Institute of Agricultural Research,

read and criticised the MS. and made several suggestions ; Mrs. S. STERN-ELKIS, Messrs. S. REGEV, S. GOLDENBERG and J. SILBERSTEIN, Volcani Institute assisted in the field and laboratory work ; Mr. A. GENIZI, Division of Statistics and Experimental Design, Volcani Institute, and Mr. Y. LEVI, Hebrew University of Jerusalem, in statistical analyses ; and the citrus growers at Kibbutz Allonim and Kefar Zur Moshe placed their orchards at our disposal. To all of the above mentioned, the author wishes to express his gratitude and thanks.

RÉSUMÉ

ÉTUDE DES FLUCTUATIONS DES POPULATIONS D'*ACERIA SHELDONI* EN ISRAËL

L'auteur expose les résultats de ses observations sur les fluctuations de populations d'*Aceria sheldoni* en Israël.

Les méthodes utilisées jusqu'à présent (comptage à sec après dissection des bourgeons, comptage en milieu liquide après centrifugation) ont été modifiées pour améliorer leur précision.

L'augmentation lors de chaque échantillonnage mensuel du nombre de branches prélevées (40) sur les arbres retenus au hasard permet une estimation plus fidèle du nombre d'Acariens par arbre.

En fragmentant les bourgeons en morceaux et en modifiant parallèlement la composition du milieu liquide, on réunit par centrifugation l'ensemble des acariens présents. Cette méthode est bonne dans le cas de populations denses. Dans les autres cas, le comptage direct donne de meilleurs résultats.

Les observations portent sur diverses variétés d'orangers (*Jaffa, Valencia, Orange amère*), de pamplemoussier et de citronnier prélevées dans trois localités différentes. Elles intéressent comparativement, de 1963 à 1967, des arbres contaminés et d'autres exempts de toute attaque d'*Aceria*.

D'une façon générale, le citronnier est le plus sensible, suivi par le pamplemoussier et les diverses variétés d'orangers. Bien qu'on observe de fortes variations variétales, les sommets d'infestation se situent presque toujours entre le printemps et l'été alors que les populations sont les plus faibles en hiver.

Les facteurs principaux de limitation des populations, facteurs climatiques, cycle végétatif de l'arbre et ennemis naturels, donnent lieu à un ensemble d'observations à l'extérieur comme en laboratoire avec, dans chaque cas, des techniques précises.

Les essais en chambres climatisées de vents chauds et secs sur les populations d'*Aceria* installées sur des plantules de quatre mois, sur d'autres vieilles de huit à dix mois et sur des branches très infestées de trente à quarante centimètres de long, montrent l'effet létal de l'action combinée d'une forte température (θ supérieur à 35°C) et d'une faible hygrométrie (HR inférieure à 40 p. 100) sur l'Acarien et sur sa descendance. Tous les stades non protégés à l'intérieur des bourgeons par les écailles sont tués. Les œufs ne sont pas affectés ; ils éclosent normalement pour donner cependant une certaine proportion de larves anormales.

Les divers stades d'*Aceria*, lors de leur migration, s'installent toujours sur les bourgeons terminaux, sous les jeunes feuilles de 1 à 3 mm de long et près du méristème apical lors des deux ou trois poussées de sève successives enregistrées annuellement chez les *Citrus*. Les bourgeons terminaux riches en substances de croissance semblent influencer la multiplication des Acariens en leur offrant une nourriture de choix disponible plus rapidement que dans les bourgeons latéraux. Des expériences ultérieures sur l'élevage des Acariens se révéleront d'un grand intérêt, si elles sont basées sur l'existence de ces substances de croissance qui peuvent être extraites et dosées à partir de chaque type de bourgeon.

La valeur des ennemis naturels en tant qu'agents régulateurs des populations d'*Aceria* est estimée par une série de tests de laboratoire. L'élevage pratiqué sur des fragments de feuille (5 disques de 2 cm de diamètre, placés en boîte de Petri sur du coton imprégné d'eau, avec en leur centre un disque de 2 mm de diamètre en cellophane comme abri pour *Aceria*). Chaque disque infesté par 5 à 20 Acariens constitue autant d'élevages de prédateurs distincts. De nombreuses espèces de familles variées dont quatre prédatrices (*Phytoseidae, Stigmaeidae, Eulopsidae, Cheyletidae*), récoltées périodiquement soit à l'extérieur lors des comptages, soit sur les plantules fixées chaque mois pour connaître dans le temps la migration d'*Aceria*, ont été essayées.

Les trois facteurs de régulation des populations possèdent une influence certaine sur leur évolution, mais le mécanisme de leur action demande à être précisé pour les deux premiers : ou bien il n'existe pas encore de matériel satisfaisant pour l'étude du microclimat, ou bien notre connaissance des substances de croissance est insuffisante actuellement.

REFERENCES

BAKER E. W., 1949. A review of the mites of the family *Cheyletidae* in the United States National Museum. *Proc. U. S. nation. Mus.*, **99** (3238), 1-320.

BAKER E. W., 1965. A review of the genera of the family *Tydeidae* (Acarina). In : *Advances in Acarology*, Vol. 2, pp. 95-133. Ed. J. A. Naegele. Cornell University Press, Ithaca, N. Y.

BAKER E. W., WHARTON G. W., 1952. *An Introduction to Acarology*. 465 pp. The Macmillan Co., N. Y.

BEN-YEHOSHUA, S., 1967. Some physiological effects of various smin coatings on orange fruit. *Israël J. Agric. Res.* **17** (1), 17-27.

BOYCE A. M., KORSMEIER, R. B., 1941. The citrus but mite *Eriophyes sheldoni* EWING. *J. econ. Entomol.*, **34** (6), 745-756.

BOYCE A. M., MAXWELL K. F., 1938. The new citrus bud mite. *Calif. Citrogr.*, **23** (3), 109-152.

COLLINGWOOD C. A., BROCK A. M., 1959. Ecology of the black-currant gall mite (*Phytoptes ribis* NAL.). *J. hortic. Sci.*, **34** (3), 176-182.

GONZALES-RODRIGUEZ R. H., 1963. Four new mites of the genus *Agistemus* SUMMERS (*Acarina* : *Stigmaeidae*) *Acarologia*, **5** (3), 342-350.

HELY P. C., 1939. The citrus bud mite. *Agric. Gaz. N. S. W. Aust.*, **50** (9), 495-497.

JEPPSON L. R., JESSER M. J., COMPLIN J. C., 1958. Factors affecting populations of the citrus bud mite in southern California lemon orchards and acaricide treatments for control of this Eriophyid. *J. econ. Entomol.*, **51** (5), 657-662.

KEIFER H. H., 1938. Eriophyid studies. *Bull. Calif. Dept. Agric.*, **27** (2), 131-206.

PORATH A., SWIRSKI E., 1965. A survey of Phytoseiid mites (*Acarina* : *Phytoseiidae*) on citrus, with a description of one new species. *Israel J. agric. Res.*, **15** (2), 87-100.

RONDHAWA G. S., DINSA W. S., 1947. Relation of growth to fruiting in Citrus. *Proc. Amer. Soc. hortic.*, **50**, 151-160.

SCHAARSCHMIDT L., 1959. Systematik und Ökologie der Tarsonemiden. In : *Beiträge zur Systematik und Ökologie Mitteleuropäischer Acarina*. Vol. 2 : 713-823. Ed. : H. J. Stammer, Akademische Verlagegesellschaft Leipzig.

SOLOMON M. E., 1957. Estimation of humidity, with cobalt thiocyanate papers and permanent colour standards. *Bull. Entomol. Res.*, **48** (3), 489-506.

STERNLICHT M., 1964. The citrus bud mite (*Aceria sheldoni* EWING), and its spread in Israel. *Hassadeh*, **44**, 1410-1412 ; 1583-1541. (in Hebrew).

STERNLICHT M., 1966. Trials in the control of the citrus bud mite *Aceria sheldoni* (EWING) in Israel. *Israel J. agric. Res.*, **16** (3), 115-124.

STERNLICHT M., 1967. A method of rearing the citrus bud mite (*Aceria sheldoni* EWING). *Israel J. agric. Res.*, **17** (1), 57-59.

SUMMERS F. M., 1966. Genera of the mite family *Stigmaeidae* OUDEMANS (*Acarina*). *Acarology*, **8** (2), 226-229.

SWIRSKI E., AMITAI S., DORZIA N., 1967. Field and laboratory trials on the toxicity of some pesticides to predaceous mites (*Acarina* : *Phytoseiidae*). *Israel J. agric. Res.*, **17** (3), 149-159.

Ann. Zool. Écol. anim., 1969, **1** (2), 149-181.

INCIDENCE DE DEUX GERMES PATHOGÈNES SUR QUELQUES CARACTÈRES PHYSIOLOGIQUES DES LARVES DE TROISIÈME STADE DE *MELOLONTHA MELOLONTHA* L. (COL. *SCARABEIDAE*) (1)

Nicole HAWLITZKY

Station centrale de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, 78 - Versailles (2)
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

L'évolution pondérale, la prise de nourriture, les échanges respiratoires et l'activité des larves saines de Hanneton sont mesurés une fois par semaine à différentes températures, à partir de la deuxième mue larvaire. Parallèlement, l'existence et l'importance de modifications des critères précédemment cités sont étudiées chez des larves contaminées soit par *Bacillus popilliae melolontha*, soit par *Rickettsiella melolonthae* K. sous les mêmes conditions thermiques. Le délai d'apparition des modifications des critères et leur relation temporelle sont indiqués.

INTRODUCTION

Depuis quelques années, il est apparu que l'emploi trop généralisé des insecticides organiques de synthèse est susceptible de provoquer des déséquilibres divers au niveau des biocœnoses. Ceux-ci relèvent soit de la destruction des insectes utiles en même temps que celle des insectes nuisibles, soit encore de la sélection de races résistantes. Il s'est donc avéré nécessaire de chercher à substituer à ces traitements insecticides d'autres traitements perturbant à moindre degré les équilibres faunistiques naturels.

C'est ainsi qu'un effort particulier a été entrepris dans le sens de la lutte biologique qui fait appel plus spécialement aux microorganismes pathogènes. Cette

(1) Thèse de doctorat de spécialité, soutenue en 1968.
(2) Ce travail a été effectué au Laboratoire d'Entomologie de la Faculté des Sciences d'Orsay, 91 - Orsay.

méthode a été très encouragée par les essais fructueux de DUTKY en 1940, aux États-Unis. Cet auteur utilisa en effet, avec succès, *Bacillus popilliae* DUTKY pour lutter contre le Hanneton japonais *Popillia japonica* NEWM.

Mais les recherches sur les relations insectes-germes pathogènes ont surtout concerné les modifications morphologiques et histologiques de l'insecte-hôte. Peu de travaux ont été effectués quant à l'incidence de la présence de germes entomopathogènes sur la physiologie de l'insecte. Il est bien évident que l'étude seule des modifications morphologiques provoquées par un agent pathogène n'apporte pas toujours des données suffisamment précises sur le développement des processus infectieux. Aussi, une connaissance approfondie des perturbations physiologiques produites chez l'insecte à la suite d'une affection pathogène est-elle nécessaire pour apporter des renseignements précis sur la nature de l'agression, l'évolution de la maladie et les réactions de l'hôte. Or les seules informations précises acquises sur ce sujet se réduisent actuellement aux expériences menées en 1959 par LYSENKO et SLAMA. Ces auteurs ont étudié la relation qui existe entre la consommation d'oxygène des pronymphes de *Cephaleia abietis* L. (Hym. *Tenthredinoidea*) et une infection bactérienne due à *Serratia marcescens* BIZIO. Le taux d'oxygène consommé était mesuré avec des manomètres de Warburg par la méthode directe à une seule température (25°C).

C'est dans cet esprit que j'ai étudié, à différentes températures, certaines des répercussions physiologiques provoquées par deux agents infectieux *Bacillus popilliae melolontha* (1) et *Rickettsiella melolonthae* KRIEG., chez des larves de troisième stade de *Melolontha melolontha* L. (Col. *Scarabeidae*).

I. — CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

I. — NATURE DU MATÉRIEL BIOLOGIQUE ÉTUDIÉ

A. — *L'insecte hôte*

Les animaux mis en expérience sont des larves de troisième stade du Hanneton commun *Melolontha melolontha* L. Très polyphages, les vers blancs à mode de vie endogé, s'attaquent dans les régions tempérées aux cultures horticoles, fourragères et aux prairies, produisant certaines années d'importants dégâts. C'est durant les premières semaines du troisième stade que les larves ont le plus fort appétit, et produisent les plus gros ravages comme l'a indiqué HURPIN en 1962.

C'est donc en accord avec M. HURPIN, Directeur de Recherches au Laboratoire de Lutte Biologique et de Biocœnotique de La Minière, dont l'équipe de chercheurs étudie les rapports germes pathogènes/vers blancs, que nous avons choisi ce matériel et ce stade. Nous avons tenté de préciser comment agissent les germes précités sur les échanges respiratoires des larves contaminées. D'autres raisons ont également guidé le choix du matériel : en effet la constitution histologique et la durée du troisième stade des vers blancs répondent aux exigences de l'évolution des maladies considérées.

B. — *Les germes pathogènes*

1. *Bacillus popilliae melolontha.*

B. popilliae melolontha est une bactérie sporulée dont la culture est réalisée par contamination de ver blanc à ver blanc. Les formes sporulées de 2,5 μ de long sont constituées de deux parties : un

(1) *Bacillus popilliae* souche *Melolontha* est une dénomination provisoire dans l'attente qu'une étude bactériologique approfondie de ce germe soit faite sur les nouveaux milieux de culture artificielle mis au point récemment aux États-Unis.

corpuscule ovale qui prend le colorant (spore) et une inclusion qui reste incolore. Spécifique des vers blancs, elle provoque une septicémie. Le corps de la larve acquiert une coloration laiteuse, d'où le nom de maladie laiteuse donné à cette infection bactérienne. Cette coloration est très apparente au niveau des derniers segments abdominaux où la poche rectale noirâtre est normalement visible.

Les symptômes apparaissent plusieurs semaines après l'infection. Ce délai est nécessaire à la multiplication et à la sporulation des bactéries. Il varie avec la température d'élevage des larves (HURPIN, 1961).

2. *Rickettsiella melolonthae* KRIEG.

Les Rickettsies ont l'aspect de petits bâtonnets punctiformes, d'environ 0,5 μ de long, souvent agglomérés. Elles se développent dans le cytoplasme des cellules, particulièrement dans celui des cellules sanguines et des cellules du tissu adipeux. A côté des *Rickettsies*, existent des corps ovoïdes, pseudocristallins, de 2 à 3 μ de long, dont une moitié prend les colorants, l'autre restant incolore.

Les larves malades perdent leur turgescence ; le tissu adipeux se désagrège, et l'extrémité du corps présente un reflet bleuté d'où l'appellation de maladie bleue (HURPIN, 1960).

Entre 11°C (seuil de développement des larves) et 20°C, on constate que le rythme d'évolution de l'infection n'est guère modifié. La multiplication des Rickettsies est aussi rapide à 14°C qu'à 20°C. Ce n'est qu'aux températures élevées (24°C) qu'il y a accélération du déroulement des processus infectieux (HURPIN, 1960).

II. — DESCRIPTION DES MÉTHODES UTILISÉES

A. — *Méthodes d'élevage et de contamination des vers blancs de troisième stade*

1. *Méthode d'élevage.*

Les larves sont fournies par l'insectarium de La Minière, une à deux semaines après la deuxième mue larvaire suivant les exigences de la maladie. Réparties à quatre températures d'élevage (25°, 20°, 16° et 13°C) les larves sont élevées individuellement dans des boîtes en polystyrène-cristal, d'un volume de 80 ml pour les larves témoins et de 240 ml pour les larves contaminées. Ces boîtes sont numérotées et remplies de tourbe humidifiée. Les larves se nourrissent d'une tranche de carotte, changée une ou deux fois par semaine.

2. *Procédé de contamination des larves par* Bacillus popilliae melolontha *et* Rickettsiella melolonthae KRIEG.

Dans les deux cas, les larves sont contaminées par injection intrahémocœlienne.

a) *Bacillus popilliae melolontha.*

Après aseptie par l'alcool, les larves sont contaminées par un million cent mille spores contenues dans 0,1 ml de suspension de bactéries dans de l'eau stérile.

L'âge des vers blancs est une semaine pour les températures 25° et 16°C, et deux semaines pour 20°C.

b) *Rickettsiella melolonthae* K.

La contaminatlon des vers blancs par *R. melolonthae* est effectuée, après aseptie, en injectant le même volume de suspension que précédemment (0,1 ml). La suspension est préparée à partir de trois gouttes d'hémolymphe prélevées sur une larve malade dans 30 cm^3 d'eau stérile. Il est impossible de préciser la quantité de Rickettsies injectée, car leur groupement en chaînettes ou en agglomérats ne permet pas de les dénombrer, même grossièrement, avec les méthodes de comptage actuellement utilisées.

Les lots élevés à 25°, 20° et 16°C sont contaminés deux semaines après la deuxième mue larvaire. Un lot supplémentaire, placé à 13°C, est âgé d'une semaine au moment de l'injection.

B. — *Méthode respirométrique*

1. *Matériel et protocole expérimental.*

Les échanges respiratoires sont mesurés avec des manomètres de Warburg à volume constant, auxquels sont fixées des fioles d'un type spécial permettant des mesures répétées et successives des quantités d'oxygène consommé et de gaz carbonique rejeté par le même animal, pendant de courts intervalles de temps (LE BERRE et HAWLITZKY, 1967).

Les mesures sont faites à température constante. Pour les températures de 16° et 13°C, le bain thermostatique est refroidi puis maintenu à ces températures par le serpentin de réfrigération d'un cryostat. Afin d'assurer un échange constant des gaz entre l'organisme et l'atmosphère des fioles d'une part, une absorption plus rapide du gaz carbonique par la potasse d'autre part, ces fioles sont constamment agitées dans un plan horizontal. La fréquence des oscillations est de 72 par minute.

La méthode employée et sa mise au point ont déjà été brièvement décrites (LE BERRE et HAWLITZKY, 1967). Toutefois quelques précisions complémentaires peuvent être données : les manipulations portent sur trois séries de larves, les unes saines, les autres contaminées soit par *B.popilliae melolontha*, soit par *R. melolonthae*. Dans les trois séries, les mesures sont faites aux mêmes températures que celles des élevages : 25°, 20° ou 16°C. Rappelons qu'une quatrième température (13°C) a aussi été utilisée pour l'étude de la Rickettsiose du ver blanc.

Chaque lot est constitué de sept larves. Les mesures ont lieu une fois par semaine et durent deux heures consécutives après une heure d'équilibration thermique. Il est à noter que les groupes formés par les vers blancs malades ont vu leur nombre décroître progressivement, par suite d'une importante mortalité due à l'infection pathogène.

2. *Mode opératoire.*

a) Les vers blancs sont tout d'abord laissés 15 minutes dans les fioles, en absence de potasse caustique. Ceci permet de mesurer la différence entre le gaz carbonique rejeté et l'oxygène consommé.

Deux cas se sont présentés après correction thermobarométrique :

— Une dénivellation manométrique négative signifie que la pression a diminué dans la fiole à réaction. Donc il y a eu plus d'oxygène consommé que de gaz carbonique dégagé. Soit h la dénivellation manométrique produite durant ces 15 minutes. Ici $h < 0$, la presque totalité des mesures rentre dans ce cas.

— Une dénivellation manométrique positive indique qu'il y a plus de gaz carbonique dégagé que d'oxygène consommé : $h > 0$.

b) L'absorption par la potasse du gaz carbonique accumulé pendant les 15 premières minutes (LE BERRE et HAWLITZKY, 1967) puis du gaz carbonique dégagé pendant les 3 minutes suivantes, donne la quantité d'oxygène consommé pendant 18 minutes. Soit h' la dénivellation produite durant les 3 dernières minutes.

3. *Méthode de calcul de la quantité d'oxygène consommé.*

La variation totale de la hauteur du liquide correspondant à la quantité d'oxygène consommé pendant 18 minutes est égale à $H_{O_2} = h' + h$.

H_{O_2} est ramené à 15 minutes et quatre mesures ainsi calculées sont additionnées, ce qui permet de connaître la variation totale de la hauteur du liquide représentant le volume d'oxygène consommé pendant une heure. Celui-ci est calculé pour chaque individu selon l'équation développée par UMBREIT BURRIS et STAUFFER (1964) :

$$X_{O_2} = H_{O_2} K_{O_2},$$

X_{O_2}, volume d'oxygène est exprimé en mm^3.

$K_{O_2} = \dfrac{Vg\,\frac{273}{T} + Vf\alpha}{Po}$ est la constante de la fiole. Son expression est ici simplifiée car la fiole ne contient aucun liquide. Donc le coefficient de solubilité α n'intervient pas et $Vf\alpha$ s'annule. L'équation devient :

$$K_{O_2} = \frac{Vg\,\frac{273}{T}}{Po}$$

Vg, volume de la phase gazeuse contenue dans la fiole et le manomètre jusqu'au point choisi comme o, est calculé à partir du volume Vt, volume de la fiole et du bouchon de rodage creux, ainsi que de celui du manomètre.

4. *Méthode de calcul de la quantité de gaz carbonique rejetée.*

La dénivellation manométrique correspondant au volume de gaz carbonique dégagé pendant 15 minutes est $H_{CO_{2_{15'}}} = H_{O_{2_{15'}}} \times h$, $h < o$.

Quatre valeurs ainsi calculées sont additionnées pour donner la valeur de la dénivellation totale durant 60 minutes.

Le volume de gaz carbonique rejeté, par individu et par heure, est calculé par une équation de même type que celle permettant le calcul de l'oxygène

$$XCo_2 = \frac{Vg'\,\frac{273}{T}}{Po} \times HCo_2$$

Vg', volume de la phase gazeuse dans la fiole y compris le tube du manomètre jusqu'au point choisi comme o, est calculé à partir de Vt' qui comprend le volume du manomètre et le volume de la fiole sans celui du bouchon de rodage creux.

III. — Critères physiologiques et biologiques retenus

Ils sont de 3 types.

A. — *Les échanges respiratoires*

La technique manométrique utilisée a permis de mesurer simultanément les consommations d'oxygène et les quantités de gaz carbonique rejeté par chaque larve manipulée individuellement.

Par suite nous avons pu calculer la valeur des quotients respiratoires $\left(\frac{Co_2}{O_2}\right)$. Ceux-ci nous permettent d'avoir une première idée sur la nature des substances oxydées par l'animal.

B. — *L'évolution pondérale et la prise de nourriture de chaque larve pendant la durée des expériences*

Les pesées sont faites après chaque manipulation manométrique hebdomadaire.

D'autre part, deux fois par semaine, l'intensité de la prise de nourriture, notée visuellement, est appréciée par l'existence, ou non, de traces de morsures sur les rondelles de carotte offertes aux larves.

C. — *Activité durant les mesures des échanges respiratoires*

1. *Définition de cette notion.*

Il est bien évident que les larves n'ont pas le même comportement dans les fioles à réaction. Certaines sont agitées, d'autres immobiles. Il s'est donc avéré nécessaire de faire des observations du comportement de chaque larve au cours des mesures.

2. *Principe de notation.*

Durant chaque mesure de 18 minutes, deux observations sont faites. La première, quelques instants après la fermeture des manomètres, la seconde, quelques minutes avant la première lecture. L'évaluation de l'activité est symbolisée par deux états, agité et calme. Toutes les données recueillies au cours d'une manipulation sont réunies et transformées en pourcentage.

Ce principe de notation a permis de comparer le comportement des différentes larves au cours d'une manipulation et d'établir les modifications temporelles éventuelles chez les vers blancs témoins au cours du troisième stade, ou chez les larves contaminées au cours de l'infection.

II. — CARACTÉRISATION DES LARVES DE TROISIÈME STADE DE « MELOLONTHA MELOLONTHA » L. NON CONTAMINÉES

Dans cette étude destinée à caractériser les vers blancs témoins, nous avons supposé *a priori* qu'ils étaient sains. En effet, les conditions d'élevage n'étant pas aseptiques, il est impossible d'affirmer que ces larves n'hébergent pas déjà des micro-organismes pathogènes. Ceux-ci peuvent être ingérés en même temps que la tourbe constituant le milieu d'élevage. Ce n'est donc qu'*a posteriori* que l'on a pu se rendre compte de l'état sanitaire réel des individus mis en expérience.

I. — Évolution pondérale et prise de nourriture

A. — *Poids des larves aux trois températures expérimentales*

1. *Valeurs moyennes.*

La température d'élevage au deuxième stade étant de 20°C, le poids des larves après la deuxième mue est généralement voisin de 1 000 à 1 100 mg (fig. 1-B). Ces larves, ensuite placées à 25°, 20° ou 16°C, subissent un gain de poids très net pendant les premières semaines. Toutefois les valeurs maximales observées diffèrent avec la température de l'élevage. Elles atteignent, en effet, 1 700 à 1 800 mg à 25°C (fig. 1-A) alors qu'aux deux autres températures, elles ne dépassent guère 1 500 mg (fig. 1-B, C). Passées les premières semaines, le poids des larves reste à peu près constant. Cependant, nous avons remarqué qu'à 20°C, quatre des six larves mises en expérience, ayant un poids compris entre 1 000 et 1 500 mg, le conservent au cours des semaines sui-

vantes. Par contre, les deux autres larves de poids plus élevé dès la troisième semaine après la mue, continuent à grossir jusqu'à la dixième semaine. Entre la onzième et la

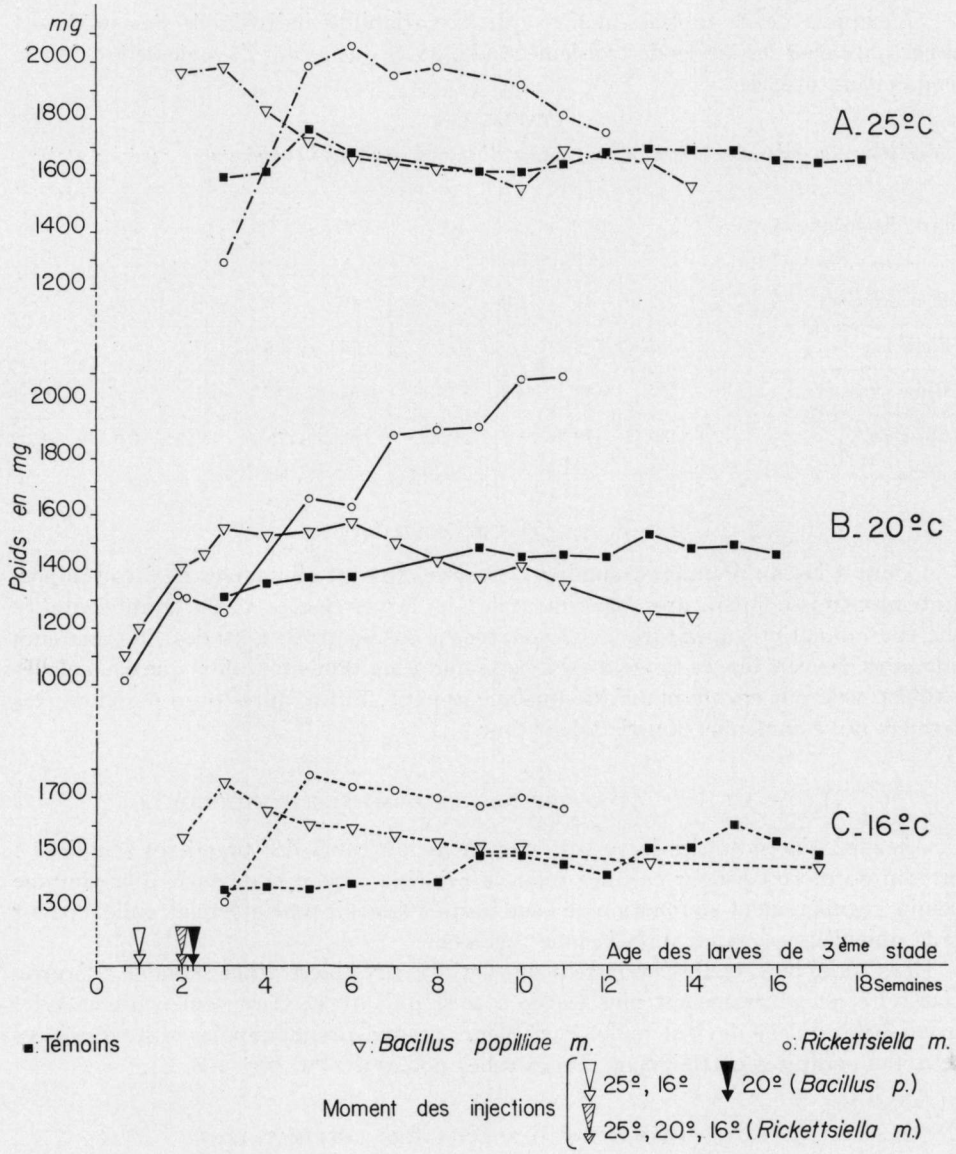


FIG. 1. — *Évolution pondérale à 3 températures des larves de 3e stade saines ou contaminées par* Bacillus popilliae melolontha *ou* Rickettsiella melolonthae

dix-neuvième semaine, les poids de ces deux larves sont fixés autour d'une valeur moyenne : 1 800 mg.

2. *Variabilité individuelle.*

L'estimation de la dispersion des valeurs pondérales est exprimée par l'écart-type. Quelques valeurs calculées aux trois températures expérimentales, à des âges échelonnés dans le temps, sont données au tableau 1.

L'examen de ce tableau montre que la variabilité individuelle des poids est importante chez les larves de troisième stade, quels que soient l'âge de celles-ci et la température utilisée.

TABLEAU I

Variation du poids des larves saines, d'âges différents, aux trois températures expérimentales

Températures	25°C			20°C			16°C		
Age en semaines	4	10	15	5	10	15	4	10	14
Effectif	7	6	6	6	6	6	7	7	7
Valeurs moyennes	1607	1612	1685	1379	1454	1487	1382	1487	1519
Écart-type	180,77	129,98	110,81	255,11	338,55	275,26	199,92	229,41	186,29

B. — *Prise de nourriture*

Durant les six premières semaines, les larves se sont alimentées de façon importante aux trois températures expérimentales, les larves élevées à 25°C ayant toutefois une consommation supérieure à celles élevées à 20° ou 16°C. Lors des cinq semaines suivantes, les vers blancs élevés à 25°C ne se sont plus alimentés, alors que ceux élevés à 16° et 20°C ont encore manifesté quelque appétit. Enfin, après onze semaines, ces derniers ne se sont plus nourris à leur tour.

II. — Activité au cours des mesures respirométriques

A 25°C, l'activité des larves est très élevée au cours des premières semaines : environ 80 p. 100 (valeur calculée selon le principe exposé ci-dessus). Elle diminue ensuite régulièrement en fonction de l'âge jusqu'à devenir pratiquement nulle à partir de la quinzième semaine après la mue (fig. 2-A).

Les séries 20°C et 16°C montrent une activité irrégulière d'une semaine à l'autre. L'activité est généralement plus élevée à 20°C qu'à 16°C. C'est seulement chez les larves âgées qu'elle devient nulle. Par ailleurs, les valeurs maximales observées à ces deux températures n'atteignent jamais celles notées à 25°C (fig. 2-B, C).

III. — Évolution des échanges respiratoires

A. — *Valeurs moyennes aux trois températures expérimentales*

1. *Étude des intensités respiratoires.*

Dans la présente étude, l'intensité des échanges respiratoires (Q_{O_2} ou Q_{CO_2}) est exprimée en mm^3 par heure et par individu.

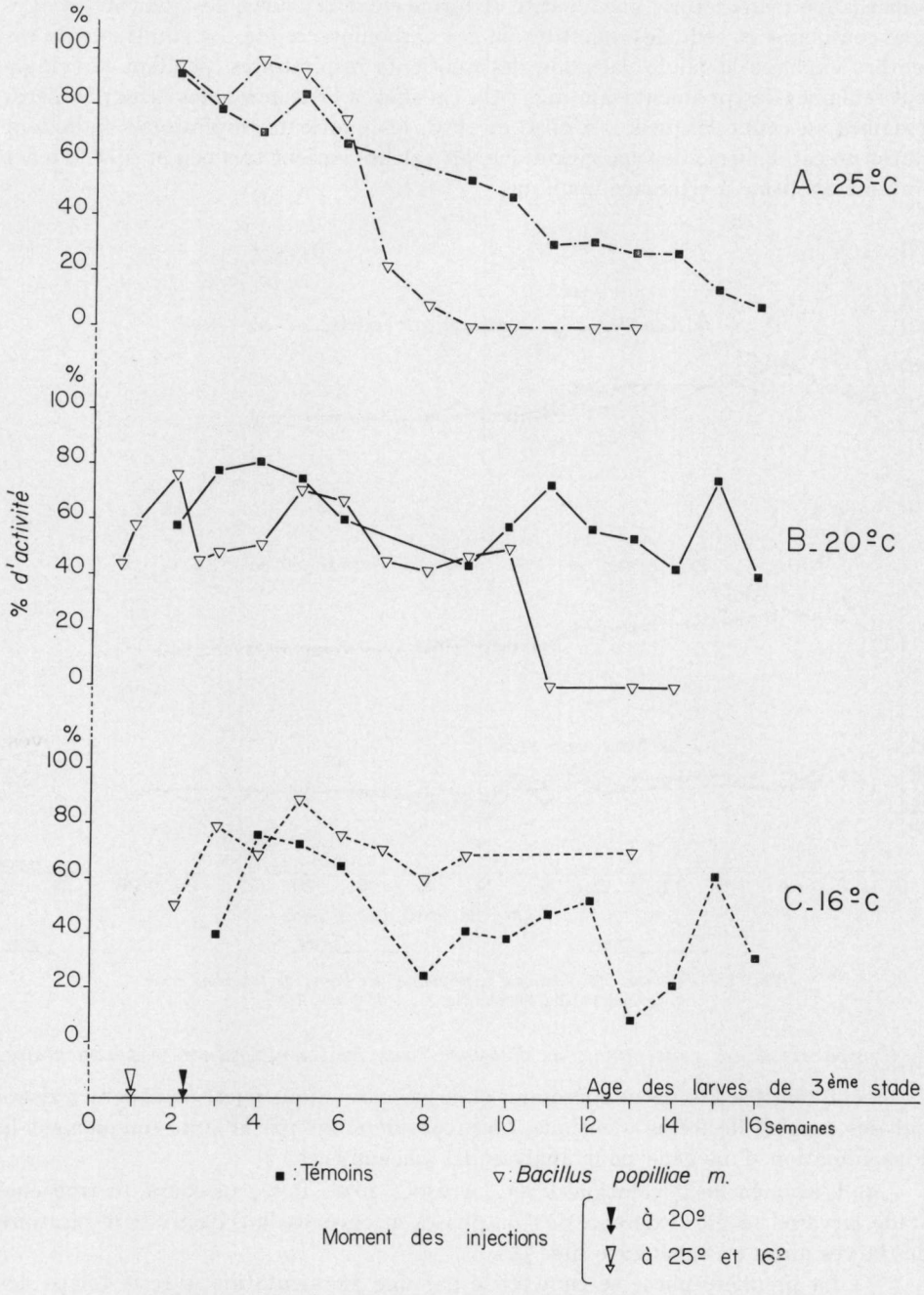


FIG. 2. — *Activité comparée à 3 températures des larves de 3e stade saines ou contaminées par* Bacillus popilliae melolontha

Les résultats sont illustrés par la figure 3-A, B. L'examen de cette figure révèle, pour chaque température, une identité de forme entre la courbe des quantités d'oxygène consommé et celle des quantités de gaz carbonique rejeté. La similitude de ces courbes explique la faible variation des quotients respiratoires, pendant les vingt-sept semaines d'expérimentation (fig. 3-C). En effet, à l'exception des deux premières semaines au cours desquelles, à 20°C et 16°C, les quotients respiratoires indiquent plutôt un catabolisme de type glucidique, les valeurs varient très peu et sont le reflet d'un métabolisme à tendance lipidique.

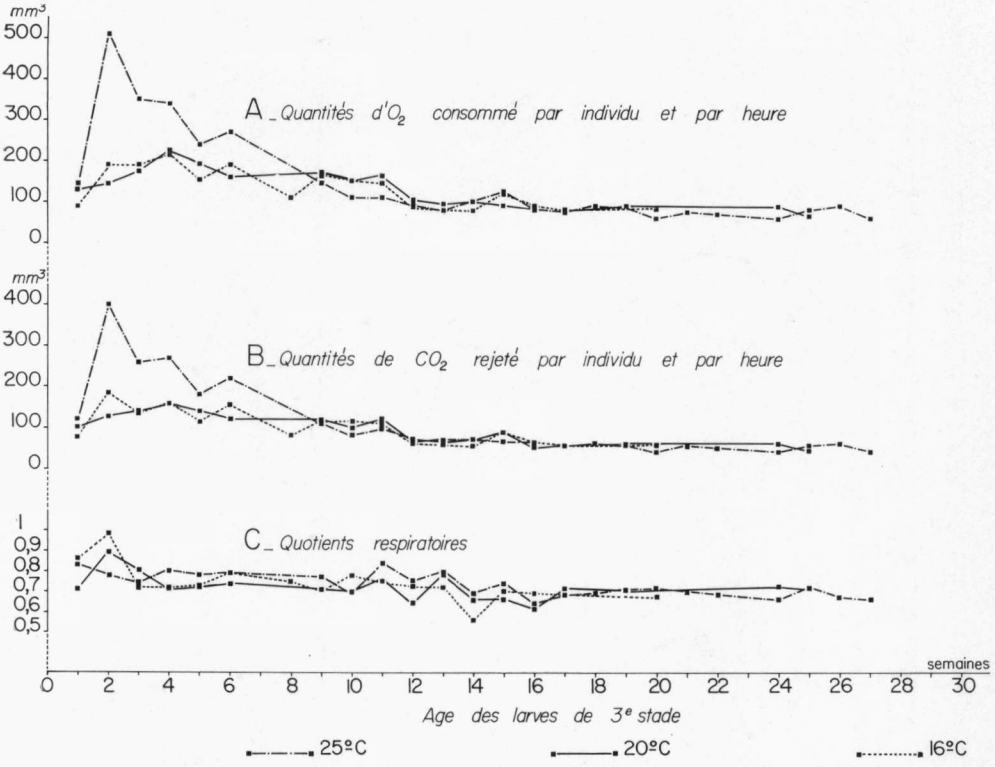


FIG. 3. — *Courbes des échanges respiratoires des larves de troisième stade de* Melolontha melolontha *L. à 25°, 20°, 16°C*

2. *Comparaison des consommations d'oxygène aux trois températures expérimentales.*

Les quantités d'oxygène consommé et de gaz carbonique rejeté étant caractérisées par des courbes de forme identique, nous considérerons par la suite uniquement la consommation d'oxygène pour analyser les phénomènes.

a) L'examen de l'évolution de Q_{O_2} à 25°C, 20°C, 16°C, au cours du troisième stade larvaire, révèle l'existence de trois phases successives dans l'activité respiratoire des larves mises en expérience (fig. 3-A).

— La première phase se caractérise par une augmentation avec le temps des quantités d'oxygène consommé. Cependant cet accroissement est nettement plus important à 25°C qu'aux deux autres températures. En effet si l'on prend comme valeurs de référence les quantités d'oxygène consommé, à chaque température, par

les larves âgées d'une semaine, le coefficient d'augmentation de l'intensité respiratoire est de 3,5 à 25°C contre 1,7 à 20°C et 2,4 à 16°C. Par ailleurs la valeur maximale est atteinte plus précocement à 25°C qu'à 20° ou 16°C.

— La seconde phase montre une chute des échanges respiratoires, d'autant plus rapide et importante que la température est plus élevée.

— La dernière phase débute vers la dixième semaine à 25°C et la douzième semaine à 20°C et 16°C. Elle correspond à une stabilisation des échanges gazeux qui ne montrent plus que d'infimes variations d'une semaine à l'autre.

b) La confrontation des courbes obtenues aux trois températures conduit à la remarque suivante : les trois phases dont nous venons de parler pourraient correspondre à deux types différents d'activité respiratoire. En effet, lors des deux premières phases, les échanges gazeux, nettement plus élevés à 25°C qu'à 20° et 16°C sont fonction de la température. Lors de la troisième phase, les intensités respiratoires, qui se stabilisent, deviennent identiques à 25°, 20° et 16°C. Il semble donc que s'installe alors chez les larves de troisième stade un état physiologique particulier qui se caractérise par l'absence momentanée de relation entre la température et l'intensité du métabolisme.

B. — *Variabilité individuelle*

L'examen du tableau 2 confirme l'existence de l'hétérogénéité du matériel, déjà entrevue au cours des mesures pondérales. Une importante variation individuelle s'observe tout au long du troisième stade larvaire, aussi bien à 25°C, qu'à 20°C et 16°C. On peut noter que la valeur des écarts-type à 25°C et 20°C diminue avec l'âge. Mais ce fait n'indique pas qu'il y a homogénéisation du matériel : nous ajoutons en effet au tableau les valeurs minimales et maximales qui montrent que l'amplitude des variations paraît en relation avec la valeur de la moyenne. L'hétérogénéité qui existe au sein de l'échantillon vers la quinzième semaine serait en réalité de même ordre que celle observée durant les premières semaines. Par contre, il faut remarquer qu'à 16°C, l'étendue de la variation et l'écart-type sont plus grands chez des larves âgées de vingt semaines que chez celles âgées de 12 semaines.

TABLEAU 2

Variation des intensités respiratoires des larves saines, d'âges différents, aux trois températures expérimentales

Températures		25°C			20°C			16°C		
Age en semaines		2	9	19	4	11	19	4	12	20
Effectif		7	7	6	7	6	6	7	7	6
Valeurs	maximales	673	198	131	357	309	122	306	141	217
	moyennes	512	145	84	224	163	87	217	85	83
	minimales	233	65	67	101	76	19	94	32	31
Écart-type		152,78	45,00	24,05	87,84	77,58	39,35	71,12	42,70	69,89

IV. — Étude comparée des échanges respiratoires, de l'activité, du poids et de la prise de nourriture chez les larves de troisième stade de « Melolontha melolontha »

A. — *Relation entre l'intensité respiratoire et le poids des larves*

Étudiée durant les dix premières semaines à chacune des trois températures expérimentales, elle est illustrée par les figures 4, 5, 6. Chaque symbole représente les coordonnées individuelles (oxygène consommé-poids) de chacune des sept larves mises en expérience. Rappelons que les mesures sont faites une fois par semaine.

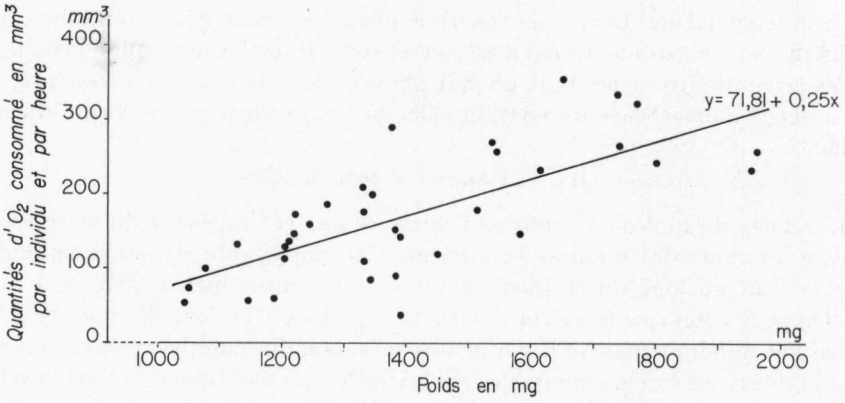


Fig. 4. — *Relation consommation d'O_2-poids à 20°C*

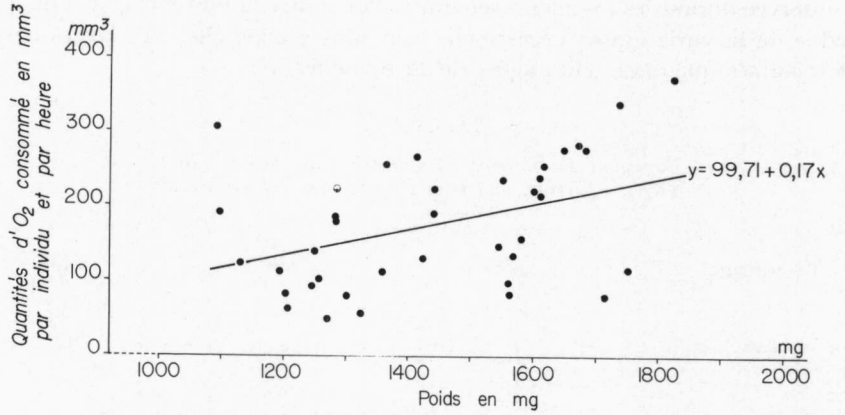


Fig. 5. — *Relation consommation d'O_2-poids à 16°C*

1. L'examen de ces figures montre que la distribution des points est incontestablement moins dispersée à 20°C et 16°C qu'à 25°C, ce que confirment d'ailleurs le calcul de la droite de régression et l'analyse de variance (tabl. 3).

A 20°C et 16°C, les valeurs trouvées pour le test F indiquent qu'il existe une

relation entre le poids des larves et la quantité d'oxygène consommé par elles. Il n'en est rien à 25°C (tabl. 3), même lorsqu'on calcule le test F en supprimant les trois valeurs qui sont en dehors du nuage de points (fig. 6).

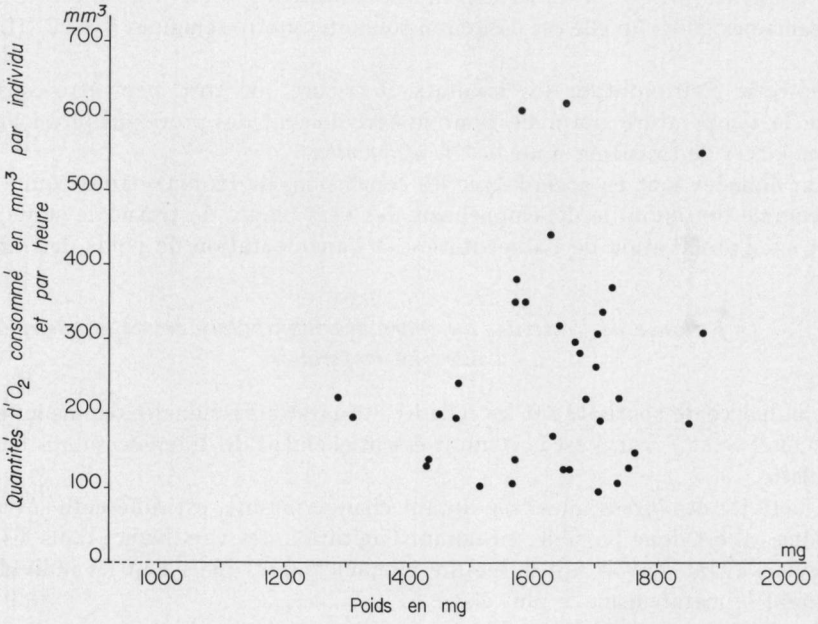


FIG. 6. — *Relation consommation d'O_2-poids à 25°C*

Rappelons qu'à cette température, la consommation d'oxygène est très élevée et l'activité des larves intense. Ces réactions reflètent peut-être des phénomènes physiologiques aberrants à cette température.

TABLEAU 3

Recherche d'une relation entre le poids et la quantité d'oxygène consommé

Température	DL	Test F
25°C	36	1,23*
20°C	35	38,96**
16°C	37	7,56***

* Valeur non significative.
** Valeur hautement significative à 99 p. 100.
*** Valeur significative à 99 p. 100.

2. Si l'on compare les valeurs du test F pour les températures 20°C et 16°C, on constate que la valeur la plus significative s'observe à 20°C. Par ailleurs, la figure 3 nous a montré d'une part une évolution à peu près identique des échanges respiratoires à 20°C et 16°C, d'autre part une consommation d'oxygène comparable à ces deux températures. Or, la durée moyenne du troisième stade à 20°C est de trente-deux semaines, alors qu'elle est d'environ soixante-quatre semaines à 16°C (HURPIN, 1964).

De cette confrontation des résultats, il ressort que 20°C peut être considérée comme la température optimale pour le déroulement des processus physiologiques chez les larves de troisième stade de *M. melolontha*.

Ces données sont en accord avec les conclusions de HURPIN (1964) qui a défini 20°C comme optimum de développement des vers blancs de troisième stade, en se basant sur l'observation de l'alimentation et l'augmentation de poids des larves.

B. — *Importance de l'activité, au cours des manipulations respirométriques, sur l'intensité respiratoire*

L'influence de l'activité sur les échanges respiratoires, signalée depuis longtemps (BATELLI et STERN, 1913) est le résultat essentiellement de différences dans l'activité musculaire.

L'activité des larves, observée durant chaque mesure, est différente suivant les individus ; il est donc possible, en notant l'agitation des vers blancs dans les fioles, de prévoir, avant d'avoir fait la mesure manométrique, quels sont les individus qui présentent le métabolisme le plus élevé.

Cette relation entre l'activité et l'intensité respiratoire des larves explique pour une grande part les différences observées dans les échanges respiratoires entre individus au cours de chaque manipulation. Mais à 20°C et 16°C, cette hétérogénéité est également la résultante des variations pondérales puisqu'il a été établi qu'il existe alors une relation entre le poids et l'intensité respiratoire des larves.

C. — *Comparaison de l'intensité respiratoire, poids, prise de nourriture et activité*

L'apparition au cours du troisième stade larvaire d'une période de « non relation » entre la température et les échanges respiratoires nous a conduit précédemment à supposer l'existence d'un état physiologique particulier. Cet état apparaîtrait environ douze semaines après la mue. Parallèlement à l'installation de cet état, les larves ne se nourrissent plus, le poids reste constant, et l'activité diminue nettement, surtout à 25°C.

En 1932, BODINE et EVANS, étudiant les modifications physiologiques produites par l'entrée en diapause de *Sceliphron caementarium* DRURY (Hym. *Sphecidae*) au cours du dernier stade larvaire, notent l'existence d'une variation quantitative très faible des échanges respiratoires, en fonction de la température (LE BERRE, 1966).

De plus, tous les organismes entrant en diapause, présentent une diminution importante du taux de consommation d'oxygène. Ce taux atteint une valeur minimum qui est maintenue durant toute la période de diapause (HELLER, 1926 ; BODINE, 1929 ;

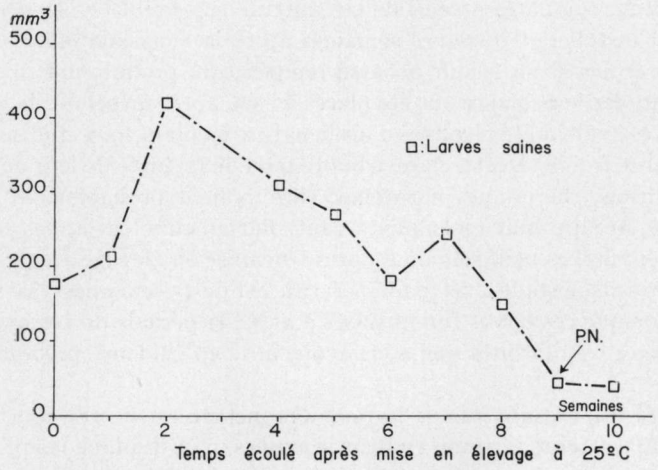


FIG. 7. — *Quantité d'O_2 consommée en mm³ par individu et par heure à 25°C après séjour à 5°C* (PN = prénymphe)

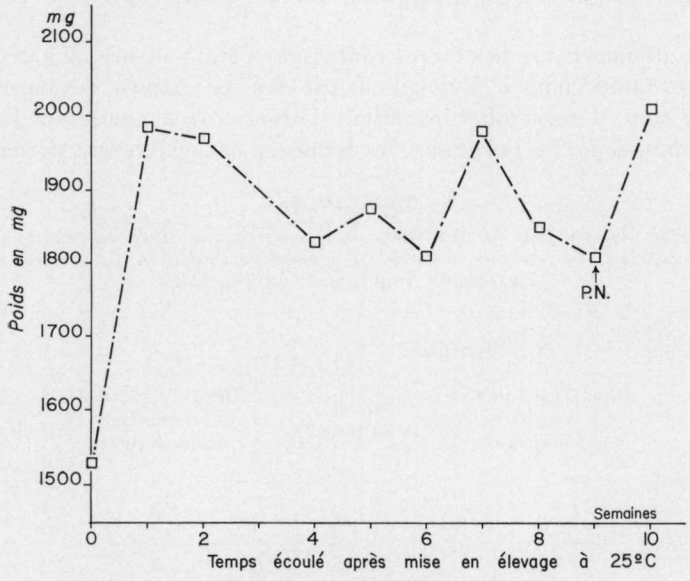


FIG. 8 — *Évolution pondérale de larves saines mises en élevage à 25°C, après un séjour à 5°C* (PN = prénymphe)

BODINE et EVANS, 1932 ; BURKHOLDER, 1934 ; BOELL, 1935 ; BODINE et BOELL, 1936 ; LE BERRE, 1957 ; RAKSHPAL, 1962).

Nos résultats comparés à ceux de ces auteurs suggèrent l'existence d'un état de diapause qui s'installerait quelques semaines après la troisième mue.

Afin de vérifier si un séjour à basse température produit une accélération du développement, des vers blancs ont été placés à 25°C après un séjour de huit semaines à 5°C. Ces larves avaient été récoltées dans la nature en mars 1967 et mises immédiatement en chambre froide. A cette date, compte tenu de la durée de leur développement dans les conditions thermiques naturelles, elles avaient probablement effectué leur deuxième mue larvaire huit mois auparavant. Par ailleurs, ces larves se sont transformées en prénymphes neuf semaines après leur mise en élevage à 25°C. Or la durée moyenne du troisième stade à cette température est de 23 semaines. Il ressort de ces données que lorsque ces larves furent mises à 25°C, la période de variation quantitative des échanges respiratoires que nous avons mise en évidence précédemment était dépassée.

L'intensité respiratoire lors de la première mesure est de 180 mm^3 par individu et par heure. Elle atteint 410 mm^3 en deux semaines, puis diminue jusqu'à la transformation des larves en prénymphes (fig. 7). Parallèlement il y a eu reprise de l'alimentation et augmentation de poids (fig. 8). Il semble donc que le passage au froid provoque une réactivation des larves ; une étude plus précise de cette question est envisagée.

III. — ÉTUDE COMPARÉE DES RÉSULTATS OBTENUS SUR LES LARVES CONTAMINÉES ET SUR LES LARVES SAINES

La prise de nourriture des larves contaminées étant identique à celle observée chez les larves saines, nous n'envisagerons pas dans ce chapitre l'étude de ce critère. De plus par suite d'un nombre insuffisant d'observations concernant l'activité des larves contaminées par les rickettsies, les données n'ont pu être transformées en pour-

TABLEAU 4

Délais d'apparition des symptômes morphologiques et durée des maladies, exprimés en semaines à partir du moment de l'injection des germes, aux quatre températures expérimentales

	Bactériose		Rickettsiose	
	Délai d'apparition des symptômes morphologiques	Durée de la maladie	Délai d'apparition des symptômes morphologiques	Durée de la maladie
25°C	3	9-12	3	11-15
20°C	5	10-12	8	15-23
16°C	10	16-20	8	22-28
13°C			10	30-?

centage. Il ne sera donc pas tenu compte de ce critère pour ces séries de vers blancs.

Avant d'entreprendre l'exposé des résultats obtenus sur les larves infectées, il nous a paru nécessaire d'indiquer :

1. le moment où les symptômes de la maladie deviennent morphologiquement visibles ;

2. la durée de la maladie et le délai au bout duquel survient la mort des larves.

Ces données, rapportées dans le tableau 4 montrent en effet que les signes de la maladie et la mort des larves n'apparaissent pas au même moment selon la nature de l'agent pathogène et la température de l'élevage.

I. — Évolution pondérale des larves contaminées

L'accroissement pondéral observé chez les larves saines pendant les premières semaines du troisième stade larvaire est encore accentué chez les larves contaminées. Les valeurs maximales sont très supérieures à celles des témoins. Il faut noter que cet accroissement se poursuit après l'injection des germes pendant un délai variable avec la température et la nature de l'agent pathogène (fig. 1-A, B, C).

A. — *Larves contaminées par* Bacillus popilliae melolontha

Les larves contaminées par *B. popilliae* ont une évolution pondérale modifiée par rapport à celle des témoins. Après l'accroissement pondéral signalé ci-dessus, les larves présentent une perte de poids au cours du développement des processus infectieux, aux trois températures. Mais cette perte est plus ou moins rapide et importante après l'inoculation des germes selon la température (fig. 1-A, B, C).

Après une légère augmentation pondérale pendant la semaine qui suit l'injection, les vers blancs élevés à 25°C perdent du poids dès la seconde semaine après la contamination. Importante durant les trois semaines qui suivent, cette diminution pondérale devient faible, voire même nulle au cours des quatre semaines qui précèdent la mort des larves (fig. 1-A).

A 20°C, la perte de poids s'effectue plus tardivement. En effet, après avoir augmenté jusqu'à la semaine qui suit l'injection, le poids se stabilise durant quatre semaines. C'est donc seulement six semaines après l'injection que l'amaigrissement apparaît. Celui-ci continue de façon importante jusqu'à la mort des vers blancs (fig. 1-B).

A 16°C, la perte de poids est très progressive dès la deuxième semaine après l'inoculation et se poursuit jusqu'à la treizième semaine après la mue. Ensuite le poids des larves malades se stabilise (fig. 1-C).

L'amplitude de la perte de poids entre les valeurs maximales observées trois semaines après la mue, et les valeurs données par la dernière pesée, diffère avec la température d'élevage. Elle est plus grande à 25°C qu'aux deux autres températures, puisqu'elle est de 425 mg pour 316 mg à 20°C et 305 mg à 16°C.

B. — *Larves contaminées par* Rickettsiella melolonthae

Le poids des larves atteintes de la maladie bleue évolue différemment de celui des vers blancs sains. De plus, deux types d'évolution pondérale sont à distinguer avec la température. En effet, le poids des vers blancs élevés à 25°C, 16°C et 20°C

(fig. 1-A, C, B) augmente durant les quatre premières semaines qui suivent l'injection ; à 13°C, cette augmentation de poids (280 mg) se poursuit jusqu'à la cinquième semaine après l'injection. Mais ensuite, alors que le poids des larves élevées à 25°C, 16°C et 13°C diminue progressivement, les vers blancs élevés à 20°C continuent leur croissance pondérale par paliers successifs.

La perte de poids à 25°C est plus grande (300 mg) qu'à 16°C et 13°C (100 mg). A 20°C, le poids des larves augmente de 420 mg à partir de la troisième semaine après l'inoculation des germes.

C. — *Résultats comparés de l'action des deux agents pathogènes sur les larves contaminées de* Melolontha melolontha *L.*

Il ressort de l'examen de la figure 1 que la présence des germes pathogènes *B. popilliae melolontha* et *R. melolonthae* produit une perte de poids des larves de troisième stade de *M. melolontha* (exception faite de la série infectée par *R. melolonthae* et élevée à 20°C). L'importance de cette perte de poids varie avec la température. Par ailleurs, la diminution pondérale est plus marquée chez les larves contaminées par *B. popilliae* que chez celles infectées par *R. melolonthae*. En effet des pesées faites à 16°C, 9 semaines après la fin de l'expérimentation, ont montré que le poids des larves de cette série n'avait pas changé depuis la neuvième semaine après l'injection des germes.

II. — Activité, durant les mesures respirométriques, des larves contaminées par « Bacillus popilliae melolontha »

A 25°C et 20°C, les larves contaminées par *B. popilliae* ont un comportement modifié au cours des semaines par rapport à celui observé chez les larves saines. Les vers blancs mis en expérience à 25°C ont une activité très proche de celle des larves témoins au cours des premières semaines, mais la valeur en est plus élevée. Elle décroît ensuite brusquement et devient nulle huit semaines après la contamination (fig. 2-A,). A 20°C, on observe d'abord une activité irrégulière de même type que celle des vers blancs sains, durant les huit semaines qui suivent l'inoculation. Puis les larves deviennent inactives mais plus tardivement qu'à 25°C (fig. 2-B). Par contre, à 16°C, les vers blancs conservent au cours des semaines un niveau d'activité à peu près constant, mais plus élevé en valeur absolue que celui des larves saines (fig. 2-C).

III. — Évolution des échanges respiratoires

Les larves élevées à 20°C furent soumises à quelques mesures respirométriques, avant d'être contaminées, afin :

1° d'établir la relation avec les témoins,

2° de voir s'il se produit une modification immédiate des échanges respiratoires après l'injection de l'un ou l'autre des deux germes.

A. — *Échanges respiratoires des larves contaminées par* Bacillus popilliae

1. *Étude des intensités respiratoires.*

Les résultats obtenus sont illustrés par la figure 9. A chaque température, la courbe des quantités d'oxygène consommé et celle des quantités de gaz carbonique rejeté ont même forme (fig. 9-A_1, B_1). Par suite la variation des quotients respiratoires est faible. Les quotients respiratoires indiquent un métabolisme à tendance lipidique au cours de la maladie (fig. 9-C).

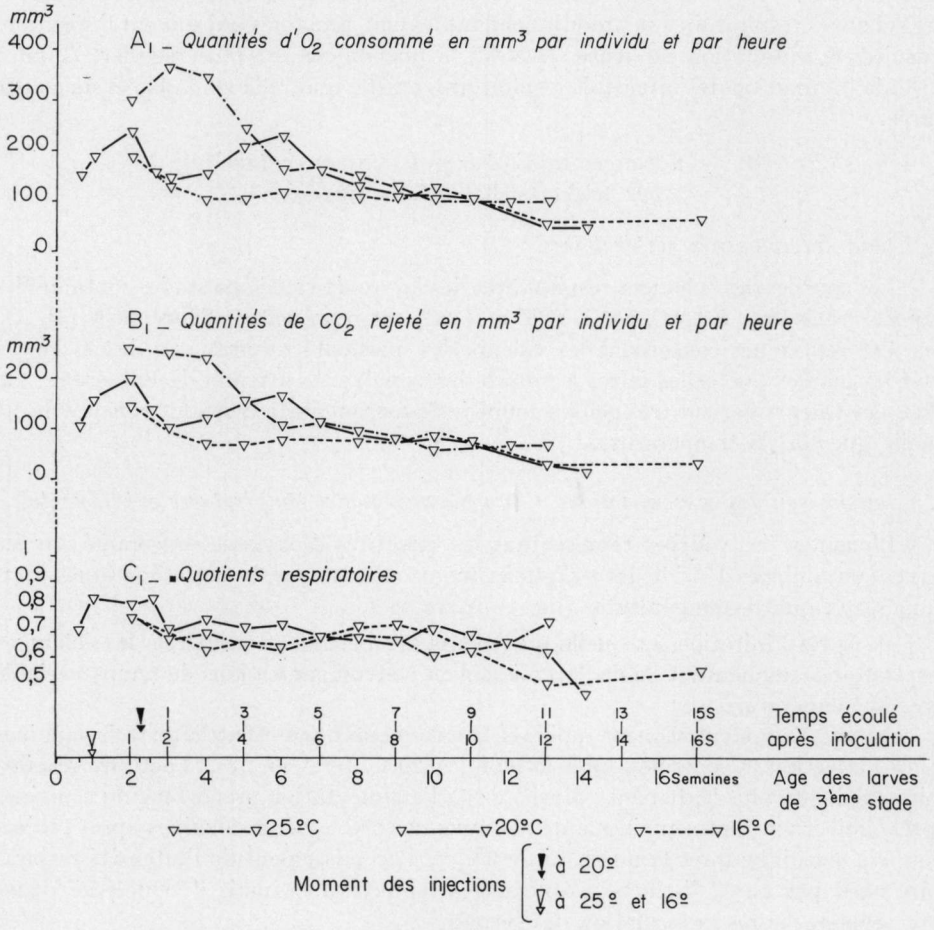


FIG. 9. — *Courbes des échanges respiratoires des larves de 3e stade contaminées par* Bacillus popilliae melolontha *à 25°, 20°, 16°C*

2. *Comparaison des consommations d'oxygène aux trois températures expérimentales.*

La comparaison des consommations d'oxygène aux trois températures expérimentales révèle deux périodes successives dans l'activité respiratoire des larves contaminées.

a) La première période se caractérise par une augmentation des échanges respiratoires après l'injection. Cette augmentation est plus importante à 25°C et 20°C qu'à 16°C. Sa durée varie avec la température : à 25°C, la valeur maximale apparaît deux semaines après l'injection (trois semaines après la mue), à 20°C quatre semaines après l'injection (six semaines après la mue). A 16°C, le phénomène semble plus complexe. En effet, l'intensité respiratoire diminue durant les trois semaines qui suivent l'injection. Elle se stabilise ensuite jusqu'à la neuvième semaine après la contamination où elle atteint sa valeur maximale (dix semaines après la mue).

b) La seconde période correspond à une diminution des échanges respiratoires, plus ou moins rapide et importante avec la température. A 25°C, une chute rapide des échanges respiratoires se produit pendant les cinq semaines qui suivent l'injection. Ensuite, la diminution est lente. A 20°C, le phénomène est plus régulier. Enfin à 16°C, la diminution des intensités respiratoires existe, mais elle est faible et de courte durée.

B. — *Échanges respiratoires des larves contaminées par* Rickettsiella melolonthae *K.*

1. *Étude des intensités respiratoires.*

Les courbes des échanges respiratoires des larves de troisième stade, contaminées par *R. melolonthae*, à 25°C, 20°C, 16°C et 13°C sont représentées figure 10-A_2, B_2, C_2.

Les remarques concernant les valeurs des quotients respiratoires de ces larves sont les mêmes que celles faites à propos des vers blancs atteints de Bactériose. En effet, ces valeurs varient très peu au cours de l'expérimentation et sont voisines de 0,7 quelle que soit la température.

2. *Comparaison des consommations d'oxygène aux quatre températures expérimentales.*

L'examen des courbes représentant les quantités d'oxygène consommé par les larves contaminées à l'aide des rickettsies montre l'existence de caractéristiques communes aux quatre températures (fig. 10-A_2).

a) Après l'injection, et quelle que soit la température considérée, les échanges respiratoires augmentent. Mais l'accroissement s'étend sur un laps de temps variable avec la température.

A 25°C, l'augmentation est rapide et la valeur maximale est atteinte trois semaines après l'injection (5 semaines après la mue). A 20°C, 16°C, et 13°C, l'activité respiratoire augmente plus lentement : ainsi à 20°C, l'augmentation prend fin cinq semaines après l'injection (sept semaines après la mue), à 16°C, quatre semaines après l'injection (six semaines après la mue). Enfin à 13°C l'accroissement de l'intensité respiratoire n'est pas aussi distinct qu'aux autres températures, mais il semble se situer sept semaines après l'inoculation des germes.

b) A cette augmentation des échanges gazeux succède une diminution de ceux-ci. Importante et rapide à 25°C, progressive, à 20°C et 16°C, cette diminution de l'intensité respiratoire n'est qu'ébauchée à 13°C, lors de l'arrêt de l'expérimentation.

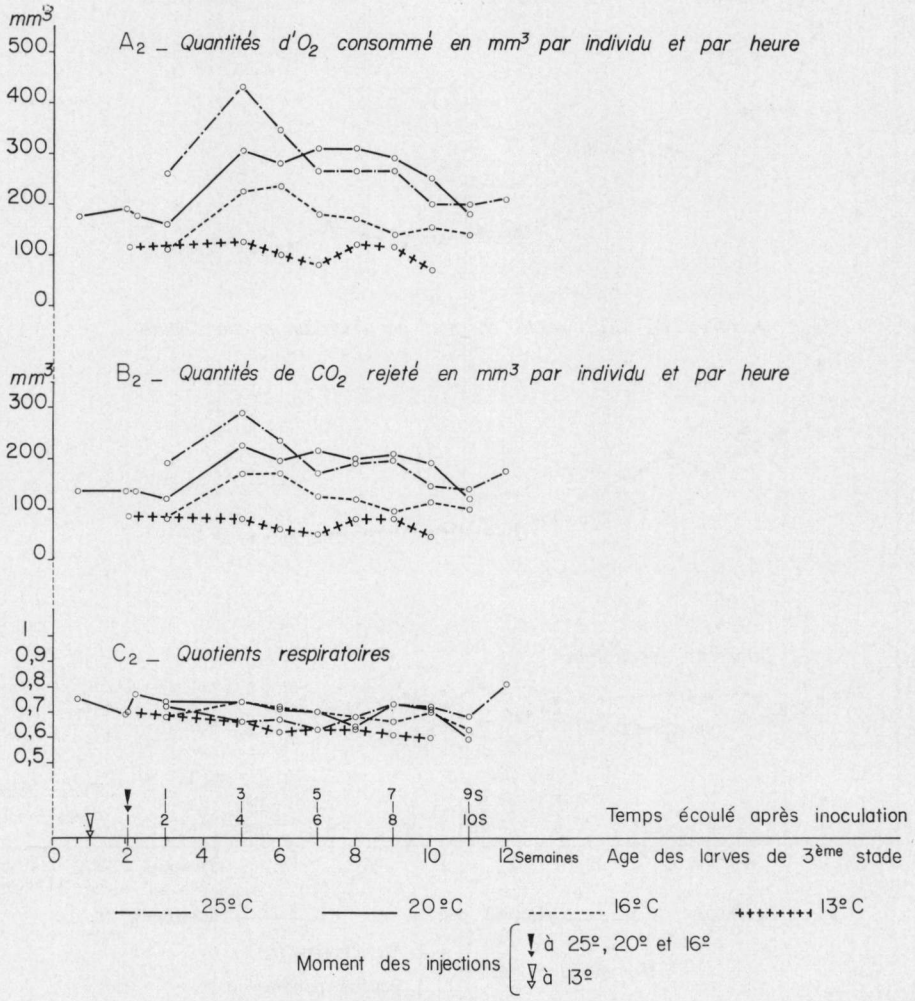


FIG. 10. — *Courbes des échanges respiratoires des larves de 3e stade contaminées par* Rickettsiella melolonthae *à 25°, 20°, 16°, 13°C*

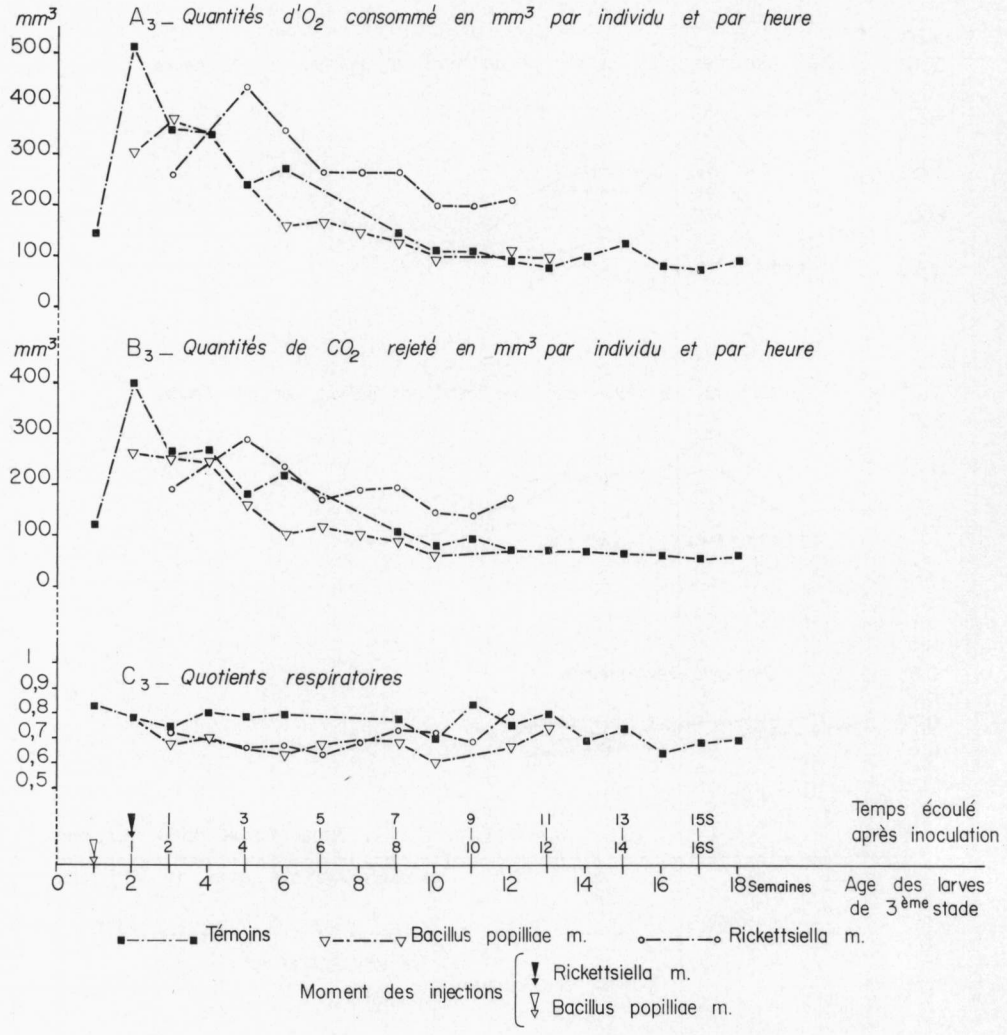


FIG. 11. — *Courbes des échanges respiratoires, à 25°C, des larves de 3e stade saines ou contaminées par* Bacillus popilliae melolontha *ou par* Rickettsiella melolonthae

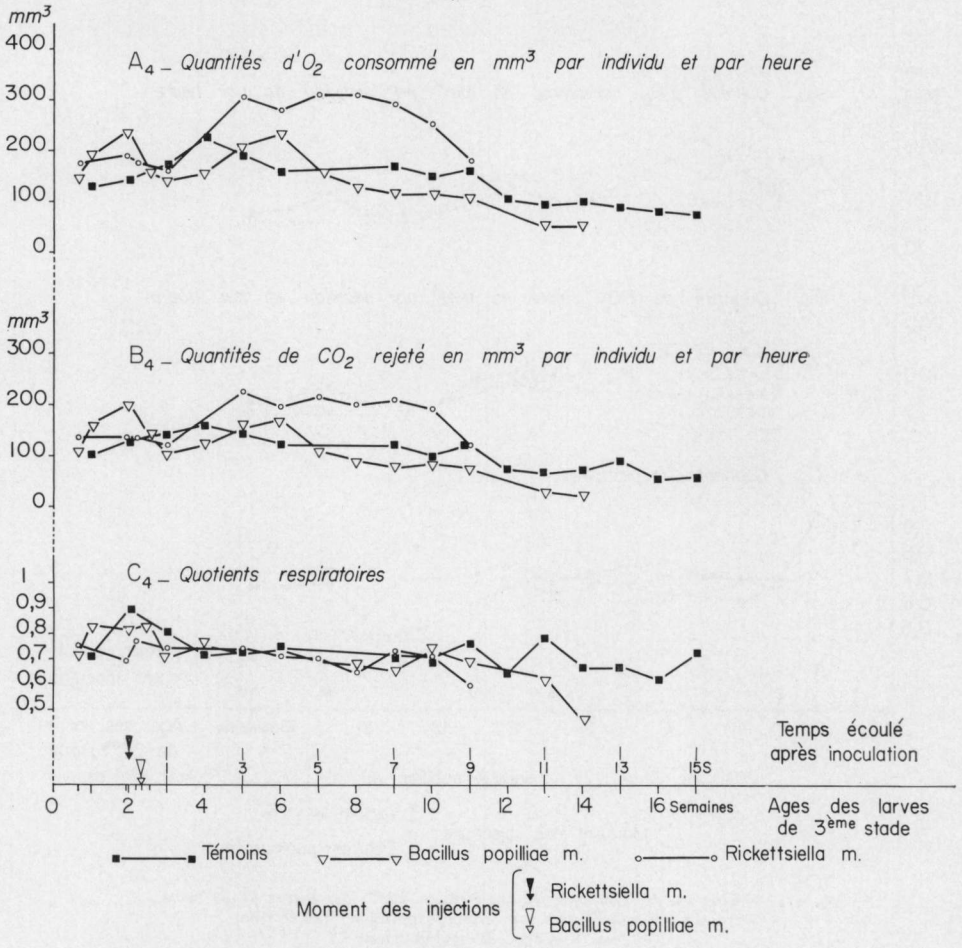


FIG. 12. — *Courbes des échanges respiratoires, à 20°C, des larves de 3e stade saines ou contaminées par* Bacillus popilliae melolontha *ou par* Rickettsiella melolonthae

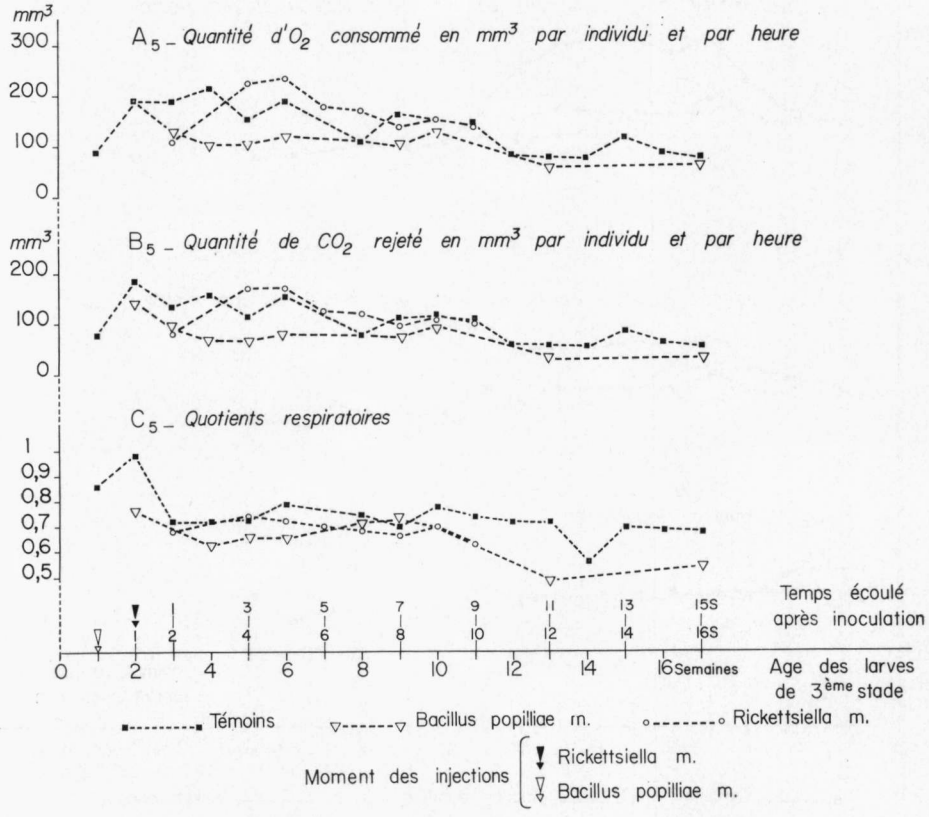


FIG. 13. — *Courbes des échanges respiratoires, à 16°C, des larves de 3e stade saines ou contaminées par* Bacillus popilliae melolontha *ou par* Rickettsiella melolonthae

C. — *Comparaison des résultats obtenus sur les larves contaminées avec ceux obtenus sur les larves saines*

1. *Résultats concernant les quotients respiratoires.*

Les valeurs des quotients respiratoires des larves contaminées par *B. popilliae* ou *R. melolonthae* sont de même ordre que celles des témoins (fig. 11-C_3, 12-C_4, 13-C_5).

Elles révèlent un métabolisme à tendance lipidique identique à celui des vers blancs sains. Cependant il faut noter qu'à 25°C et 16°C, ces valeurs sont sensiblement plus faibles que celles des témoins (fig. 11-C_3, 13-C_5).

Il apparaît donc que le métabolisme des larves contaminées ne semble pas modifié par la présence de l'un ou l'autre des germes pathogènes.

2. *Comparaison des courbes de consommation d'oxygène des larves contaminées et des larves saines.*

L'examen des figures 11-A_3, 12-A_4, 13-A_5 montre que l'activité respiratoire des larves contaminées présente, comme celle des larves saines, une augmentation, suivie d'une diminution de l'intensité respiratoire.

Mais ces deux phases, décalées dans le temps par rapport à celles observées chez les larves saines, sont plus ou moins tardives selon la température, et la nature du germe (tabl. 5).

TABLEAU 5

Age des larves, exprimé en semaines, auquel l'intensité respiratoire est maximale

Température	Larves saines	Larves contaminées	
		Bacillus p.	*Rickettsiella m.*
25°C	2	3	5
20°C	4	6	7
16°C	4	10	6

Il faut noter que c'est chez les larves atteintes de rickettsiose et élevées à 25°C et 20°C que les délais d'apparition des valeurs maximales sont les plus grands.

A partir du moment où les maxima sont atteints, il se produit une chute de l'intensité respiratoire. Cette chute se traduit, dans le cas des larves contaminées par *B. popilliae* et élevées à 25°C et 20°C, par des échanges gazeux d'un niveau inférieur à celui des larves saines.

De la comparaison des échanges respiratoires des larves contaminées par l'un ou l'autre germe, et des larves saines, il ressort que les vers blancs malades présentent une augmentation de l'activité respiratoire consécutive à l'injection des germes.

IV. — Étude comparée de l'évolution pondérale, de l'activité et des échanges respiratoires des larves contaminées par « Bacillus popilliae » ou « Rickettsiella melolonthae », par rapport au moment d'apparition des symptômes morphologiques

Nous avons montré précédemment que la présence des germes pathogènes chez les larves de *M. melolontha* introduit des modifications dans les critères étudiés : diminution des échanges respiratoires, de l'activité, et en général perte de poids. Le moment à partir duquel ces phénomènes apparaissent varie avec la température et le critère considéré. Il est alors intéressant de savoir si les modifications de ces critères sont liées entre elles dans le temps, pour chacune des maladies étudiées.

A. — *Larves contaminées par* Bacillus popilliae melolontha

Les délais à partir desquels apparaissent d'une part les modifications des critères, les symptômes morphologiques d'autre part, sont donnés dans le tableau 6. Ces délais sont exprimés en semaines écoulées après l'inoculation des germes.

TABLEAU 6

Délais de manifestation des symptômes morphologiques et des modifications des critères étudiés, chez les larves contaminées par Bacillus popilliae melolontha

Température	25°C	20°C	16 C
Délai de manifestation des sympt. morphologiques	3	5	10
Diminution des échanges respiratoires	2	4	9
Perte de poids	2	4	2
Diminution de l'activité ..	5	8	aucune modification

L'examen de ce tableau montre qu'à 25°C ou 20°C, le poids et les échanges respiratoires des larves contaminées décroissent de façon synchrone. Mais leur diminution se fait plus précocement à 25°C qu'à 20°C. Les symptômes de la maladie laiteuse apparaissent nettement une semaine plus tard. Quant à l'activité, elle commence à décroître plus tardivement.

A 16°C, le poids diminue deux semaines après l'injection alors que les échanges respiratoires diminuent neuf semaines après la contamination et une semaine avant l'apparition des symptômes morphologiques. Aucune modification de l'activité n'est observée.

Il apparaît donc qu'à 25°C et 20°C il y a synchronisation des réactions physiolo-

giques de l'insecte, vis-à-vis des bactéries. Il en va tout autrement à 16°C : d'une part, il n'y a aucune modification de l'activité, d'autre part il y a un décalage plus important entre les différentes réponses. Rappelons que 16°C est à 1°C près le seuil thermique de multiplication et sporulation de *B. popilliae*, ce qui peut expliquer la faible variation des échanges respiratoires ainsi que l'absence de modification de l'activité.

B. — *Larves contaminées par* Rickettsiella melolonthae

Les délais à partir desquels les larves contaminées répondent à la présence des germes pathogènes par une modification de leurs caractères physiologiques sont donnés dans le tableau 7. Ils sont exprimés en semaines écoulées après l'inoculation.

TABLEAU 7

Délais de manifestation des symptômes morphologiques et des modifications des critères étudiés, chez les larves contaminées par Rickettsiella melolonthae

Température	25°C	20°C	16°C	13°C
Délai de manifestation des sympt. morphologiques	3	8	8	10
Diminution des échanges respiratoires	3	6	4	7
Perte de poids	4	augmentation de poids	3	5

Ce tableau révèle plusieurs types de réactions physiologiques.

A 25°C et 16°C, les échanges respiratoires et le poids décroissent à partir du même instant. A 20°C, alors que l'intensité respiratoire diminue, le poids des larves augmente. Par ailleurs, la manifestation des symptômes morphologiques, synchrone à 25°C des diminutions pondérale et métabolique, apparaît plus tardivement à 20°C et 16°C pendant la phase descendante des phénomènes métaboliques. Chez les larves élevées à 13°C, la diminution de poids précède celle des échanges respiratoires ; elles sont toutes deux antérieures à la date d'apparition des modifications morphologiques.

Nous pouvons conclure que la présence des rickettsies chez les larves de troisième stade produit des réactions physiologiques qui diffèrent avec la température. De plus, à chaque température ces réactions sont décalées dans le temps les unes par rapport aux autres.

DISCUSSION

Quatre points nous paraissent plus particulièrement intéressants à discuter ici. Il s'agit de :

— l'interprétation des courbes représentatives des quantités d'oxygène consommé,

— le délai d'apparition des symptômes morphologiques chez les larves atteintes de rickettsiose,

— l'évolution pondérale des larves contaminées par *R. melolonthae*, élevées à 20°C,

— l'importance de l'âge des larves dans le choix du moment de contamination artificielle.

1. *Interprétation des courbes représentatives des quantités d'oxygène consommé*

Slama et Lysenko (1959) ont montré chez des prénymphes en diapause de *Cephaleia abietis* L. que les consommations d'oxygène sont modifiées par une infection pathogène due à des cellules bactériennes de *Serratia marcescens* B.

— Avant la contamination, les prénymphes en diapause présentent des consommations d'oxygène constantes.

— Après la contamination, sont notés :

a) une légère augmentation de l'intensité respiratoire due, selon les auteurs, à la piqûre,

b) un palier qui se maintient pendant un certain temps,

c) une nouvelle augmentation qui se poursuit jusqu'à la mort des insectes.

La phase *b* correspond à la période d'incubation. La phase *c* relève de la septicémie qui entraîne la mort des prénymphes.

Compte tenu de ce travail, les deux cas d'infection que nous avons étudiés peuvent être décomposés de la façon suivante :

— avant la contamination des larves, les échanges respiratoires augmentent (fig. 12-A_4) ;

— après la contamination sont observées :

a) une chute métabolique, consécutive à l'injection (fig. 12-A_4),

b) une phase ascendante des courbes représentatives des intensités respiratoires,

c) une chute qui dure jusqu'à la mort des vers blancs.

La phase *a* est due uniquement à la lésion produite par la piqûre. En effet une série de témoins « blancs », ayant subi une injection de 0,1 ml d'eau stérile, a également montré une chute de l'intensité respiratoire, consécutive à l'injection et identique à celle observée chez les larves contaminées. La phase *b* correspond probablement à la période d'incubation de la maladie, période pendant laquelle les microorganismes se multiplient. Quand la larve infectée héberge un certain nombre de germes, il se produit alors une chute des échanges respiratoires.

La comparaison de ces résultats obtenus d'une part sur des prénymphes en diapause de *C. abietis*, d'autre part sur des larves de troisième stade de *M. melolontha*, révèle une évolution différente des échanges respiratoires vis-à-vis des deux germes bactériens utilisés (*Serratia marcescens* et *Bacillus popilliae*). Or, dans les deux cas, la mort des insectes est due à une septicémie. La différence observée pourrait avoir deux causes :

a) chaque type de bactérie peut avoir un mode d'action différent, en relation avec son taux de multiplication,

b) l'état physiologique du matériel biologique hôte intervient probablement de

façon importante. En effet le matériel utilisé par SLAMA et LYSENKO est en début de nymphose. Or les remaniements histologiques sont commencés. Par contre, *M. melolontha* est à un stade où de tels remaniements n'ont pas encore lieu.

2. *Délai d'apparition des symptômes morphologiques chez des larves atteintes de rickettsiose*

Chez des larves contaminées par *R. melolonthae*, élevées à 20°C, 16°C et 13°C, il est à noter que l'apparition des symptômes morphologiques de la maladie est précédée de plusieurs semaines par les modifications des échanges respiratoires et de poids (tabl. 7). Or, à ces trois températures, le moment de manifestation des symptômes de la maladie bleue est difficile à déterminer de façon précise. En effet, la lyse du tissu adipeux et surtout le bleuissement de l'extrémité abdominale sont des signes subtils au début de leur évolution. Il en résulte que les délais rapportés dans le tableau 7 sont approximatifs à une semaine près.

3. *Évolution pondérale des larves élevées à 20°C et contaminées par* Rickettsiella melolonthae

Nous avons mentionné, dans le chapitre précédent, l'augmentation de poids importante des larves contaminées par *R. melolonthae* lorsqu'elles sont élevées à 20°C. En effet, rappelons que ces larves continuent leur croissance pondérale par paliers successifs pendant le déroulement de la rickettsiose. L'évolution pondérale de ces vers blancs est d'autant plus surprenante qu'elle se produit uniquement à 20°C et s'oppose totalement à celles observées chez les trois autres séries contaminées par le même germe, mais élevées à 25°C, 16°C ou 13°C. Cette différence semblerait être liée à la température. Cependant, il nous est impossible pour l'instant d'émettre une hypothèse permettant d'expliquer ce phénomène.

4. *Importance de l'âge des larves dans le choix du moment de contamination artificielle*

Le choix du moment de contamination artificielle des larves par des agents pathogènes devrait tenir compte des différences physiologiques qui se révèlent au cours du troisième stade larvaire. Rappelons en effet que les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence deux périodes importantes au cours du troisième stade, la seconde période correspondant peut-être à un état de diapause. Dans ces conditions, il est possible que les larves de Hanneton ne réagissent pas de façon identique lors de la période où les échanges respiratoires se stabilisent à un niveau à peu près constant.

CONCLUSION

Le présent travail a eu pour but :

1. d'étudier les échanges respiratoires,
   le poids et la prise de nourriture,
   l'activité, durant les mesures respirométriques, de larves saines du troisième stade de *Melolontha melolontha* L.

2. De chercher à mettre en évidence, chez des larves malades, de même âge que les larves saines, la nature et l'importance des perturbations physiologiques provoquées par deux germes pathogènes.

Nous rappellerons ici les principaux résultats obtenus sur les larves saines d'une part, sur les larves contaminées par *Bacillus popilliae melolontha* ou par *Rickettsiella melolonthae* K. d'autre part.

A. — *Résultats concernant les larves saines.*

1. Les courbes des consommations d'oxygène et des quantités de gaz carbonique rejeté sont superposables. Leur identité de forme explique la faible variation des quotients respiratoires au cours du troisième stade larvaire. La valeur de ces quotients respiratoires indique un métabolisme à tendance nettement lipidique quelle que soit la température.

2. Trois phases successives sont distinguées dans l'activité respiratoire des larves, indépendamment de la température. Il existe en effet une première phase correspondant à une augmentation des échanges gazeux, suivie d'une seconde phase au cours de laquelle ceux-ci diminuent jusqu'à une valeur minimale ; cette valeur demeure ensuite sensiblement constante et caractérise ainsi la troisième phase. Par ailleurs, l'accroissement et la diminution des échanges respiratoires sont plus rapides et importants à 25°C qu'à 20°C et 16°C.

3. La confrontation des courbes obtenues à 25°C, 20°C et 16°C montre que le niveau minimal atteint à chaque température est le même pour ces trois températures. C'est ainsi qu'à une première période au cours de laquelle l'intensité respiratoire varie en fonction de l'âge des larves et de la température, succède une seconde période durant laquelle ces relations disparaissent. Un tel phénomène nous a conduit à supposer qu'il pouvait exister chez le ver blanc de troisième stade un état physiologique particulier, assimilable à une diapause puisque l'abaissement du métabolisme a lieu longtemps avant la préparation à la nymphose. Cette hypothèse se trouve renforcée par les résultats obtenus :

a) sur ces larves, concernant leur poids, leur prise de nourriture et leur activité,

b) sur des vers blancs ayant séjourné à 5°C et remis en élevage à 25°C.

4. Les variations des échanges respiratoires et des poids d'un individu à l'autre sont importantes quels que soient l'âge des larves et la température expérimentale.

5. Des analyses de régression et de variance montrent qu'il existe une relation entre l'intensité respiratoire et le poids des larves maintenues à 20°C et 16°C. Par contre, à 25°C une telle relation n'est pas mise en évidence. A cette température, les larves présentent des phénomènes physiologiques assez aberrants comme le suggèrent les consommations d'oxygène et l'activité des vers blancs au cours des mesures respirométriques. Par contre, 20°C apparaît comme la température optimale pour le déroulement des processus physiologiques chez les larves saines.

B. — *Résultats concernant les larves contaminées*

1. Le métabolisme des larves contaminées par l'un ou l'autre germe ne semble pas modifié. En effet les valeurs des quotients respiratoires révèlent un métabolisme à tendance lipidique, identique à celui observé chez les larves saines. Toutefois ces

valeurs sont sensiblement plus faibles à 25°C et 16°C par rapport à celles des vers blancs témoins.

2. Les larves contaminées par *B. popilliae* ou *R. melolonthae* présentent comme les larves saines un accroissement des intensités respiratoires suivi d'une diminution de celles-ci jusqu'à la mort des larves. Ces deux phases sont nettement décalées par rapport à celles observées chez les larves saines. Le délai d'apparition des valeurs maximales varie avec la nature du germe d'une part, avec la température d'autre part.

3. La phase ascendante des courbes métaboliques pourrait correspondre à la période d'incubation de la maladie, période pendant laquelle les germes se multiplient. Quant à la phase descendante, elle se produirait à partir du moment où la larve héberge un nombre de germes suffisamment important pour perturber la physiologie de l'hôte.

4. A 25°C et 20°C, les larves contaminées par *B. popilliae* présentent parallèlement à une chute plus ou moins importante et rapide des échanges respiratoires, une perte de poids et une diminution de leur activité. L'amplitude des diminutions notées est fonction de la température. Ceci se produit à partir du moment où les symptômes morphologiques sont nettement visibles.

A 16°C, par contre, il n'y a aucune modification de l'activité des larves, et la diminution des échanges respiratoires est faible et de courte durée. De plus, il existe un décalage important entre les différentes réponses des larves à la présence des germes.

5. Les réactions physiologiques des larves contaminées par *R. melolonthae* sont diverses et le décalage entre les modifications des différents critères retenus plus ou moins important selon la température.

Reçu pour publication en janvier 1969.

SUMMARY

INCIDENCE OF TWO PATHOGENS ON SOME PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE THIRD INSTAR LARVAE OF *MELOLONTHA MELOLONTHA* L. (COL. *SCARABEIDAE*)

The success in the biological control of *Popillia japonica* obtained in the U. S. A. by DUTKY was a strong stimulation to research on the relation between insects and pathogens. They have chiefly concerned the host insect's morphological and histological modifications and there are few works on the action of pathogenic microorganisms on the host's physiology.

The aim of the present study was to demonstrate the nature and importance of the physiological changes brought by two pathogenic agents, *Bacillus popilliae melolontha* and *Rickettsiella melolonthae* KRIEG. in *Melolontha melolontha* third instar larvae (Col. *Scarabeidae*), bred at various temperatures (25°, 20° and 16°C).

Various physiological and biological criteria were studied in order to characterize the healthy larvae :

— the respiratory exchanges (measured with an original type of flask and the Warburg respirometers),
— the weight evolution and food intake,
— the activity during the respiratory measures.

The results obtained are the following :

1. the curves showing the oxygen consumptions and the amounts of rejeted carbon dioxyde are superposable. The identity of their form explains the slight variation of the respiratory quotients

during the third larval instar. The value of these respiratory quotients shows a clearly lipidic tendency in the metabolism whatever the temperature may be.

2. Three successive periods, independent of the temperature, can be distinguished in the respiratory activity of the larvae. There is a first period corresponding to an increase of the gaseous exchanges, followed by a second period during which they fall down to a minimal value. Afterwards this minimal value remains fairly constant thus characterizing the third period. In another respects, the increase and decrease of the respiratory exchanges are faster and larger at 25°C than at 20° and 16°C.

3. The comparison between the curves obtained at 25°, 20° and 16°C reveals that the minimal level reached at each temperature is the same for these three temperatures. So, after a first period during which the respiratory intensity varies as a function of the age of the larvae and of temperature, a second period follows during which these relations disappear. Such a phenomenon leads to suppose that a particular state, comparable to a diapause, since the decrease of the metabolism takes place long before the inception of pupation, might exist in the third instar grub. This hypothesis is strengthened by data obtained on weight, food intake and activity of these larvae and others transferred from 5° to 25°C.

4. Regression and variance analyses show that there is a relation between the respiratory intensity and the weight of the larvae, maintened at 20° and 16°C. On the other hand, such a relation is not obvious at 25°C. At this temperature, the larvae offer rather aberrant physiological phenomena as the oxygen consumptions and the grubs' activity during the respirometric measures suggest. 20°C appears as the optimum temperature for normal physiological activity in the healthy larvae.

In the second part of the work, the same criteria, as those quoted before, are studied, comparatively to those of the healthy larvae in larvae infected either with *Bacillus popilliae melolontha* or *Rickettsiella melolonthae* KRIEG.

From this study, it appears that :

1. The metabolism of the larvae infected with either of the germs does not seem to be changed. In fact, the values of the respiratory quotients show a lipidic tendency in the metabolism identical to the one noticed in the healthy larvae. Yet, these values are perceptibly lower at 25° and 16°C with regard to those of the reference grubs.

2. Like the healthy larvae, the larvae infected with *B. popilliae* or *R. melolonthae* K. show an increase of the respiratory intensities followed by a decrease until the death of the larvae. The time required for the coming out of the maximal values changes with the nature of the germ and with the temperature.

3. The ascending period of the curves representing the metabolism might stand for disease incubation period during which the germs multiply. As for the descending period, it would occur from the time when the host larva contains an adequate number of germs to disturb its physiology.

4. At 25° and 20°C the larvae infected with *B. popilliae* show a diminution in their weight and activity, parallely to a more or less great and fast fall in the respiratory exchanges. The amplitude of the noted decreases is a function of the temperature. This occurs from the time when the morphological symptons are clearly visible.

On the other hand, at 16°C, there is no modification of the activity of the larvae and the decrease in the respiratory exchanges is slight and of short duration. Moreover, there is a great delay between the various responses of the larvae to the presence of the germe.

5. The physiological reactions of the infected larvae with *R. melolonthae* are diverse and the delay between the modifications of the various criteria retained varies according to the temperature.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BATELLI F., STERN L., 1913. Intensität des respiratorischen Gaswechsels der Insekten. *Biochem. Z.*, **56**, 35-58.

BODINE J. H., 1929. Oxygen uptake during development : *Melanoplus* and *Chortophaga* (Orthopt.). *Physiol. Zool.*, **2**, 459-482.

BODINE J. H., BOELL E. J., 1936. Respiration of embryo versus egg (Orthoptera). *J. cell. comp. Physiol.*, **8**, 357-366.

BODINE J. H., EVANS T. C., 1932. Physiological changes during diapause in the Mud-dauber wasp, *Sceliphron caementarium* (Hym.). *Biol. Bull.*, **63**, 235-245.

BOELL E. J., 1935. Respiratory quotients during embryonic development (Orthoptera). *J. cell. comp. Physiol.*, **6**, 369-385.

BURKHOLDER J. R., 1934. A quantitative study of respiratory metabolism in single developping egg (Orthoptera). *Physiol. Zool.*, **7**, 247-270.

HELLER J., 1926. Chemische Untersuchungen über die Metamorphose der Insekten. III. Mitteilung : Über die « subitane » und « latente » Entwicklung. *Biochem. Z.*, **169**, 208-234.

HURPIN B., 1960. Observations pathologiques sur les maladies à rickettsies des larves de *Scarabeidae*. *C. R.* XI[e] *Congr. internation. Entomol.* Vienne, **3**, 875-880.

HURPIN B., 1961. La lutte microbiologique contre les Insectes. *Cah. Ing. agron.*, **154**, 21-27.

HURPIN B., 1962. Superfamille des *Scarabaeoidea*. In : BALACHOWSKY A. S., *Entomologie appliquée à l'Agriculture*. Traité. **1**, 1[er] vol., 24-204. Masson et C[ie], Paris.

HURPIN B., 1964. Élevage des vers blancs ou larves de *Melolontha melolontha* L. (Col. *Scarabeidae*). *Rev. Pathol. veg. Entomol. agric. Fr.*, **43**, 153-177.

LE BERRE J. R., 1959. Caractères biologiques des *Locusta* de la faune de France et étude d'un exemple de diapause embryonnaire. *Ann. Épiphyties*, 101-254.

LE BERRE J. R., 1966. Caractères physiologiques de la diapause embryonnaire du Criquet *Locusta migratoria gallica* REM. I. Métabolisme respiratoire et intensité de diapause. *Symp. Insect Endocrines*, Brno, Czechoslowakia.

LE BERRE J. R., HAWLITZKY N., 1967. Description d'une méthode de mesure des échanges respiratoires chez l'Insecte entier. *Bull. Soc. Biol. Fr.*, **161**, 999-1004.

LYSENKO O., SLAMA K., 1959. The relation between oxygen consumption and bacterial infection in sawflies. *J. Ins. Pathol.*, **1**, 184-188.

RAKSHPAL R., 1962. Respiratory metabolism during embryogenesis of a diapause species of field cricket, *Gryllus pennsylvanicus* BURMEISTER (Orthoptera, Gryllidae). *J. Ins. Physiol.*, **8**, 217-221.

UMBREIT W. W., BURRIS R. H., STAUFFER J. F., 1964. *Manometric techniques*, 1-6 Burgess Publishing Company, Minneapolis.

Ann. Zool. Écol. anim., 1969, **1** (2), 183-196.

LE PUCERON NOIR DE LA FÈVE, *APHIS FABAE* SCOP. (*HOM., APHIDIDAE*) ET LA CULTURE DE LA FÉVEROLE DE PRINTEMPS (*VICIA FABA* L.)

FACTEURS DE LIMITATION DES POPULATIONS DE L'INSECTE ET POSSIBILITÉS D'EXTENSION DE LA CULTURE DANS L'OUEST DE LA FRANCE.

P. BERTHELEM, J. MISSONNIER et Y. ROBERT
avec la collaboration technique de Nathalie BOULLÉ, M. COTTEN et R. VIERFOND

Station d'Amélioration des Plantes,
Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie,
Centre de Recherches agronomiques de l'Ouest,
École nationale supérieure agronomique, 35 - Rennes
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

Des observations écologiques sur le Puceron noir de la Fève (*Aphis fabae* SCOP.) ont été faites de 1961 à 1968 dans les cultures de Féverole (*Vicia faba* L.) de l'Ouest de la France. Après un examen des modalités de contamination des champs et de développement des pucerons sur la plante, les auteurs ont analysé les causes de la faible importance des attaques d'*A. fabae* : facteurs climatiques et culturaux, rôle primordial des maladies à Entomophthorales (*Entomophthora aphidis* et *E. fresenii*). Enfin, les possibilités d'extension de la culture de la Féverole de printemps dans l'Ouest ont été estimées, en fonction des risques courus du fait du Puceron noir, des possibilités de lutte chimique et, aussi, des facteurs agronomiques : dates de semis, pluviométrie printanière, rétention en eau des sols.

INTRODUCTION

La culture de la Féverole de printemps est encore restreinte à quelques régions traditionnelles (Picardie, Lorraine), en dépit de ses importantes possibilités de production de graines riches en protéines. Les tentatives d'introduction faites dans d'autres régions, dont l'Ouest, se sont souvent heurtées à l'indifférence, voire à la méfiance des agriculteurs. Parmi les multiples raisons invoquées pour expliquer le faible intérêt porté à cette plante, il faut citer la crainte des attaques du Puceron

noir de la Fève (*Aphis fabae* SCOP.) que l'on accuse de commettre de gros dégâts, en particulier au moment de la floraison. Or, de 1961 à 1968, nous avons suivi des cultures de féveroles de printemps ; en dépit des affirmations citées, les déprédations ont été généralement très faibles en Bretagne et il a été possible d'obtenir d'excellentes récoltes sans intervention chimique.

Nous essaierons d'expliquer ces faits et d'estimer les risques de dégâts dus aux pucerons, ce qui doit permettre d'examiner les possibilités d'extension de cette culture dans l'Ouest. Nous étudierons donc successivement les différents aspects des rapports pucerons-féveroles et les causes de l'absence des dégâts en Bretagne.

Nos observations ont été essentiellement effectuées dans les cultures expérimentales du Centre de Recherches agronomiques de l'Ouest, à Rennes, et, plus accessoirement dans le sud de la Manche (Saint-James), le nord de la Loire-Atlantique (Guémené-Penfao) et la Vienne (Venours).

I. — CONDITIONS DE CONTAMINATION DES CULTURES DE FÉVEROLE DANS L'OUEST

Le Puceron noir de la Fève est une espèce dioecique dont les hôtes primaires sont le Fusain d'Europe (*Evonymus europaeus*) et des Viornes, notamment les « Boules de neige » (*Viburnum opulus* var. *sterilis*). Ces plantes sont très communes en Bretagne, la première à l'état spontané dans les haies, la seconde dans les jardins. Elles reçoivent toujours de nombreux œufs d'hiver ; au printemps, elles hébergent des colonies importantes de Puceron noir.

L'hivernation d'*A. fabae* s'effectue également sous forme de virginipares, sur des hôtes secondaires. Des colonies importantes de pucerons ont été fréquemment observées dès le mois d'avril, sur des plantes spontanées, des mauvaises herbes ou des cultures de féveroles d'hiver et d'artichauts par exemple. Ce mode d'hivernation, assez exceptionnel chez A. *fabae*, est dû au climat particulièrement doux de la Bretagne.

Par conséquent, les réserves hivernales potentielles de Puceron noir de la Fève sont importantes, peut-être plus que dans la région parisienne. Elles permettent le développement de populations aphidiennes suffisantes pour contaminer fortement les cultures.

Les dates des principales migrations de virginipares ailés, des hôtes primaires vers les hôtes secondaires, sont données dans la figure 1. Ces vols ont été relativement tardifs, sauf en 1961, 1966 et 1968. Ils se produisent à des dates variables en fonction des conditions de réchauffement du climat printanier. Il est probable que les ailés issus des virginipares hivernants contaminent les cultures à peu près aux mêmes époques que ceux issus des hôtes primaires.

Il est difficile d'établir une relation précise entre les dates de vol des pucerons et un stade particulier de développement des plantes sur lesquelles ils se posent (fig. 1). Celui-ci varie en effet avec les dates de semis qui peuvent s'étaler en conditions normales de la fin du mois de février à la fin mars ; il varie aussi avec la précocité de la variété et enfin avec les conditions climatiques de l'année. Cependant, au cours de ces neuf années d'observation, les vols ont eu lieu à six reprises à des dates

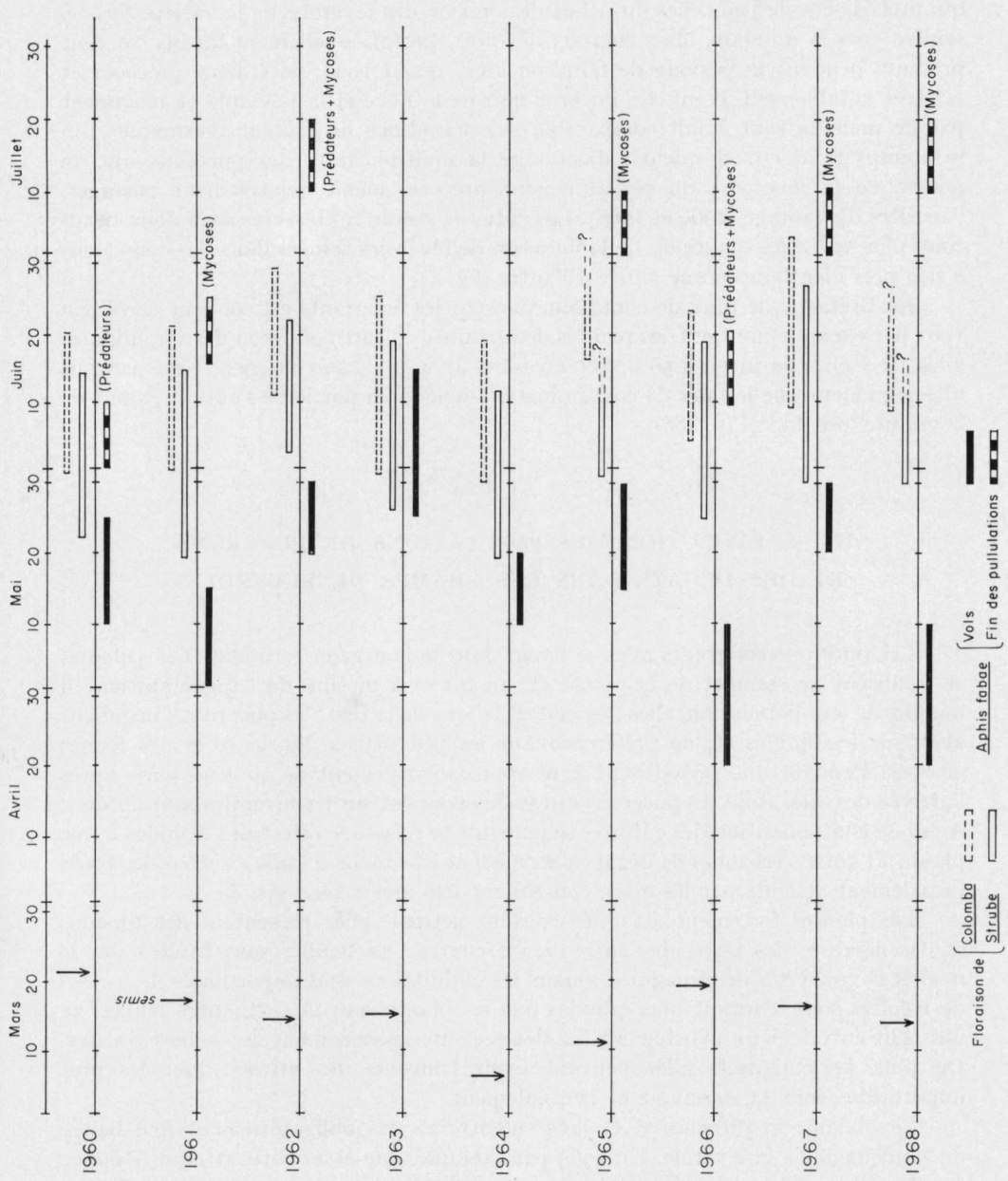


FIG. 1. — *Diagramme comparatif des dates de semis et de floraison des féveroles de printemps* Strube *et* Columba, *et des dates des vols de migration et de fin des pullulations d'*Aphis fabae SCOP.

(Rennes, 1960 à 1968)

Dans ce graphique, pour chacune des années, ce qui concerne les féveroles est placé au-dessus de l'axe des temps et ce qui concerne les pucerons, en dessous.

Les agents responsables de la fin des pullulations d'*A. fabae* sont indiqués entre parenthèses. En 1963 et en 1964, il n'y a eu aucun développement de Puceron noir dans les champs de féveroles : le mauvais temps a empêché le vol des ailés qui s'étaient formés sur les hôtes primaires, aux dates portées sur le graphique.

qui précédaient de peu celles du début de floraison des féveroles de la variété *Strube*, semées vers la mi-mars. Mais en 1963, les vols, exceptionnellement tardifs, se sont produits pendant la période de floraison alors qu'en 1968, ils étaient précoces et achevés notablement avant. Le Puceron noir de la Fève et la Féverole ne réagissent pas de manière tout à fait comparable aux variations du facteur thermique : un printemps froid (1963) ralentit davantage la multiplication des pucerons que la pousse de la féverole ; un réchauffement précoce, même relativement passager, l'accélère d'avantage (1966 et 1968). Les dates de vol de ces insectes sont donc beaucoup plus variables que celles de la floraison de féveroles semées dans des conditions à peu près identiques d'une année à l'autre (fig. 1).

En Bretagne, le taux de contamination par les émigrants est souvent élevé. En 1961 par exemple, un tiers des plantes de certaines cultures ont reçu des virginipares ailés ; il y en a eu jusqu'à 50 p. 100 en 1965, 40 à 50 p. 100 en 1966. Nous verrons ultérieurement que le taux de contamination dépend en partie de l'état apparent de la culture lors du vol (p. 188).

II. — ÉVOLUTION DES POPULATIONS DE PUCERONS ET DES DÉGATS DANS LES CHAMPS DE FÉVEROLE

Les pucerons émigrants ailés se fixent dans le bourgeon terminal. Les colonies se localisent au sommet de la plante et, au fur et à mesure de l'augmentation en nombre de leur population, elles descendent le long de la tige ; les pucerons s'installent alors sur les feuilles et, de préférence, sur les pédoncules des fleurs et des jeunes gousses. Pendant une période qui dure approximativement de 30 à 40 jours après l'arrivée des ailés, tous les pucerons qui se développent sur les féveroles sont aptères. Aussi, la contamination des cultures se poursuit par passage direct des Aphides d'une plante à l'autre : les zones de dégâts s'accroissent en « tache d'huile » autour des pieds initialement atteints par les ailés, constituant des foyers bien visibles.

Les plantes fortement attaquées restent petites ; elles présentent des torsions et des nécroses des tiges, des entre-nœuds courts ; les feuilles sont brûlées par le miellat et couvertes de fumagines. Quand les pullulations sont importantes, les pertes de récoltes sont d'autant plus grandes que les plantes ont été attaquées jeunes, ce qui peut entraîner un avortement des fleurs et un dessèchement des jeunes gousses. De plus, les émigrants ailés peuvent avoir transmis des viroses dont les plus importantes sont la mosaïque et l'enroulement.

Cependant, la présence d'*A. fabae* n'entraîne pas obligatoirement une baisse du rendement de la féverole. En 1965 par exemple, une assez forte attaque, stoppée rapidement par des ennemis, a été sans effet appréciable sur la récolte : des parcelles de Féverole *Strube* et *Columba* qui présentaient en fin de floraison des colonies de pucerons s'étageant sur 20 cm en haut des tiges, ont eu les mêmes rendements que les parcelles indemnes, protégées par des traitements insecticides ; au moment du maximum de développement des populations, il n'y avait pas encore de pucerons sur les pédoncules floraux et les jeunes gousses. Ces observations sont confirmées par des auteurs étrangers ; BANKS et MACAULAY (1967), affirment même qu'une faible infes-

tation peut augmenter les rendements : l'arrêt de la croissance apicale détournerait les éléments nutritifs au profit des gousses (les horticulteurs cherchent précisément à obtenir une augmentation de rendement des fèves en les écimant). Nous avons constaté des faits de cet ordre en 1961, sur plusieurs variétés quelle que soit la date de semis, en 1965 sur *Strube* et en 1966 et 1968, sur les semis tardifs de cette même féverole.

Depuis 1961, nous avons effectué des essais portant sur des variétés de précocités différentes (1), semées à des dates s'échelonnant de façon extrême du 28 février au 3 mai, traitées ou non avec des insecticides endothérapiques : le but de ces essais était d'augmenter la diversité des stades phénologiques au moment des attaques du puceron de manière à étudier toutes les incidences de l'action de ces insectes sur la récolte. Or, les faibles pullulations observées depuis 1961 n'ont eu d'effet sur le rendement que dans six essais sur dix-neuf, sans que l'on puisse relier l'importance toute relative des dégâts avec le stade atteint par les plantes au moment du maximum de développement des populations (tabl. 2). Les interactions « traitement x variétés » et « traitement x dates de semis » n'ont jamais été significatives.

En Bretagne, le développement des colonies s'est effectué assez lentement au cours de ces dernières années en raison des températures printanières relativement basses. Des dégâts ne sont devenus nettement visibles sur les plantes qu'après le 20 juin 1962, la mi-juin 1965, 1967 et 1968, le début juin 1966.

La production des ailés sur féverole est également intervenue assez tard. Elle a été notée à partir du 10 juin 1961, du 25 juin 1962, du 1er juillet 1965, du début juin 1966, de la mi-juin 1967 et 1968. A partir de ce moment-là, les pucerons peuvent gagner toute la culture. Ils libèrent presque totalement les plantes sur lesquelles ils se sont développés ce qui contribue, notons-le au passage, à limiter les dégâts directs. Il est également très difficile d'établir une relation précise entre la production des ailés et les stades phénologiques de la féverole, bien que ces derniers aient été diversifiés au maximum dans nos essais ; l'effet de groupe est le facteur déterminant de la formation des pucerons ailés, dans le cas présent.

III. — FACTEURS DE LIMITATION DES DÉGATS D'A. FABAE EN BRETAGNE

En opposition avec l'importance du potentiel de contamination initial des cultures et la grande réceptivité des plantes qui sont en pleine période de croissance à ce moment-là (TAMBS-LYCHE et KENNEDY, 1968), il n'y a eu que très peu de dégâts en Bretagne au cours des dernières années. Cela est, semble-t-il, dû à l'action de facteurs climatiques ou culturaux et, essentiellement, à celle des ennemis des pucerons.

1. *Influence des conditions rencontrées lors du vol de contamination initial*

Les *conditions climatiques* qui règnent au moment où doit se produire le vol de contamination initial peuvent l'entraver. C'est ainsi qu'en 1962 et surtout en 1963,

(1) *Strube* récoce, *Pavane* et *Ascott*, demi-précoces, *Columba* et *Niki*, tardives.

un temps relativement froid, des pluies et des vents violents ont virtuellement empêché les vols de pucerons qui étaient pourtant très nombreux sur les hôtes primaires ; les ailés ne prennent le départ qu'à des températures supérieures à 17° (MÜLLER, 1951). C'est à ces facteurs qu'il faut attribuer l'absence totale des pucerons dans les cultures de féverole, en 1963.

TABLEAU I

Influence de la date de semis sur le taux de contamination des cultures de Féverole de printemps par Aphis fabae

1961 (Vols du 1er au 15 mai)		1962 (Vols du 15 au 30 mai)			
Date de semis	% de pieds attaqués le 2-6	Date de semis	% de pieds attaqués le		
			12-6	22-6	7-7
2 mars	10	12 mars	3,3	9	7
17 mars	20	23 mars	3,7	12	8
29 mars	19	6 avril	5,3	15	17
—	—	21 avril	6,4	15	44

Les chiffres donnés ici correspondent aux moyennes observées sur 4 variétés qui n'ont présenté entre elles aucune différence significative (*Ascott, Columba, Niki* et *Strube*). Les semis étaient effectués en lignes espacées de 40 cm, à la densité de 50 plantes au m².

Les *facteurs culturaux* jouent aussi un certain rôle sur le taux de contamination des cultures : celui-ci est d'autant plus élevé que le sol est moins couvert, c'est-à-dire que les semis sont plus tardifs, sauf exception pour des conditions expérimentales extrêmes. Ce phénomène a été observé dans des essais réalisés en 1961 et 1962, bien que les contaminations aient été faibles, ce qui rend les résultats moins démonstratifs (tabl. 1). Quatre variétés (*Ascott, Columba, Niki* et *Strube*) avaient été semées à trois ou quatre dates différentes, à raison de 50 plantes par mètre carré : les premiers semis, qui couvraient totalement le sol lors du vol, présentaient deux fois moins d'ailés que les derniers qui n'avaient que quelques centimètres de hauteur au moment de nos observations. Par contre, lors des premiers relevés, il n'a été noté aucune différence significative entre les variétés : leur attractivité paraît donc avoir été la même ou avoir eu pour résultat une colonisation identique. Enfin nous avons toujours observé une grande différence du taux de contamination initial entre les féveroles de printemps et d'hiver, ces dernières se révélant beaucoup moins « attractives » que les premières : c'est ainsi qu'en juin 1962, elles avaient moins de 1 p. 100 de pieds atteints contre 9 à 15 p. 100 pour différents semis de féverole de printemps. Ces faits sont sans doute en relation avec les aspects très différents présentés en mai par ces deux types de cultures : les féveroles d'hiver avaient plus d'un mètre de hauteur ; ils confirment en tout cas les résultats de RADEMACHER (1939).

L'ensemble de nos observations est en accord avec celles faites dans d'autres cultures (Betteraves par exemple ; BONNEMAISON, 1961) et dans celles de Féveroles par MÜLLER (1951), par WAY et HEATHCOTE (1966). Ces derniers constatent que l'augmentation de la densité sur la raie de semis ou la diminution de l'espacement entre les lignes accroissent le taux d'infestation, dans le cas de cultures semées à la mi-mars et contaminées à un moment où les lignes sont encore très apparentes, les contrastes étant renforcés. Par contre, ils indiquent que le taux de multiplication d'*A. fabae* est plus élevé dans les cultures les moins denses. Nos pépinières, qui comptaient seulement 8 plantes au m² ont toujours présenté une proportion beaucoup plus élevée de pieds fortement atteints que les cultures normales.

2. *Influence du climat sur la multiplication d'*A. fabae

Les pullulations printanières des pucerons requièrent des températures relativement élevées. Or, le climat breton ne paraît pas normalement favorable à une multiplication rapide d'*A. fabae* après la migration sur les hôtes secondaires, la féverole en particulier. De plus, au cours de ces dernières années, les températures de la fin du mois de mai et du début juin ont souvent été inférieures à la normale. Aussi les populations ne sont devenues relativement nombreuses que tardivement, à un moment où le climat a favorisé, par ailleurs, le développement de maladies cryptogamiques. Or, il semble bien que les fortes pullulations, donc les dégâts importants, soient dus à une multiplication précoce et rapide des populations plus qu'à un taux élevé des contaminations initiales (WAY, 1967). Notons au passage que des pluies, survenant au moment où les colonies sont assez développées, entraînent le miellat et évitent les brûlures du feuillage : cela a été observé fréquemment dans l'Ouest au cours de ces dernières années et a contribué à limiter les dégâts.

3. *Influence de la variété et de la technique culturale sur la multiplication d'*A. fabae

Faute d'un nombre suffisant d'observations chiffrées, il n'est pas possible d'affirmer qu'il y ait des variétés de féverole de printemps plus favorables que d'autres au développement d'*A. fabae*, parmi celles qui ont été utilisées. Cependant, en 1962, les variétés *Strube* et *Niki* étaient significativement plus attaquées au début du mois de juillet que *Columba* et *Ascott* ; elles présentaient 22 p. 100 de pieds atteints contre 13 p. 100, pour un taux d'infestations initiales identique et égal à 13,7 p. 100. En 1966, *Strube* avait été plus atteinte que *Columba* (92 p. 100 contre 72 p. 100 et 96 p. 100 contre 28 p. 100, au début du mois de juin) dans deux essais différents. Nous n'avons pas de références bibliographiques concernant la « résistance » des variétés citées ici vis-à-vis du Puceron. A l'étranger, les études ont surtout porté sur les deux variétés *Rastatt*, réputée résistante, et *Schlanstedt*, sensible (MÜLLER, 1951 à 1966 ; TAMBS-LYCHE et KENNEDY, 1958) : elles font apparaître la grande complexité des phénomènes mis en cause et les difficultés de leur interprétation.

Dans les conditions de culture de l'Ouest, nous n'avons pas observé de différence de sensibilité variétale au puceron, en dépit de précocités très variables. Rappelons que dans tous les essais de lutte chimique réalisés sur plusieurs variétés et avec plusieurs dates de semis, les interactions « variétés x traitements » n'ont jamais été significatives.

4. *Influence des ennemis sur les populations de Pucerons*

Au cours de ces neuf dernières années, l'action des ennemis a été très importante ; en fait, elle a protégé très efficacement les récoltes, sauf en 1963 et 1964, où il n'y a eu aucune attaque de pucerons dans les cultures, en raison des conditions climatiques du mois de mai. En aucun cas les pucerons n'ont pullulé et provoqué de dégâts très importants : leurs populations ont été anéanties, soit par des prédateurs, soit par des maladies, aux dates indiquées dans la figure 1.

L'action des ennemis a été observée sur féveroles de printemps et d'hiver, mais elle est surtout bénéfique pour les premières : les féveroles d'hiver sont beaucoup moins attaquées et, de plus, au moment où les pullulations deviendraient dangereuses, elles atteignent un stade de développement tel qu'elles « résistent » sans dommages excessifs, dans les conditions de l'Ouest.

Les *prédateurs* sont essentiellement des Coccinelles et des Syrphes, plus accessoirement des Chrysopes. Leur action a été plus importante au cours des périodes de temps plus chaud et plus sec (été 1960 par exemple).

Mais il faut souligner le rôle primordial des *mycoses*, lequel tient aux particularités climatiques de l'ouest de la France. Dès le début du développement des colonies de pucerons, on trouve des individus malades, isolés parmi les populations saines. L'épidémie se déclenche de manière très typique par temps humide et orageux, marqué par un abaissement des températures minimales et des variations importantes des écarts thermiques quotidiens (MISSONNIER, ROBERT, THOIZON, 1969). En quelques jours, toutes les colonies sont anéanties, quelle que soit leur importance, les plus anciennes disparaissent les premières. Le développement de ces mycoses dues à *Entomophthora aphidis* HOFF. et à *E. fresenii* NOV., est sans doute favorisé par le microclimat particulier des champs de féveroles, très denses et très touffus en juin et juillet.

Cette action prépondérante des maladies cryptogamiques est un phénomène assez exceptionnel en France. Elle paraît assez caractéristique du climat breton et elle a été notée sur d'autres cultures en ce qui concerne *A. fabae* (Betteraves) et sur d'autres pucerons (Puceron de l'Artichaut : *Capitophorus horni* BÖRNER). Ces épidémies ont été observées en Ille-et-Vilaine et dans le sud de la Manche. En Loire-Atlantique, région pour laquelle nos observations ont été plus sporadiques, le rôle des mycoses paraît plus réduit que celui des insectes prédateurs.

Toutes les études faites à l'étranger (MÜLLER, BANKS et MACAULAY par exemple) montrent l'importance des ennemis naturels dans la limitation des pullulations d'*A. fabae* ; mais celle-ci paraît souvent intervenir plus tardivement qu'en Bretagne, après que des dégâts aient été commis. Dans l'ouest de la France, l'efficacité des prédateurs et des mycoses a été excellente au cours de ces neuf dernières années comme le montrent d'ailleurs indirectement les résultats des essais de lutte chimique.

IV. — POSSIBILITÉS DE PROTECTION DES CULTURES PAR LUTTE CHIMIQUE

De nombreux essais de traitements insecticides contre *A. fabae* ont été réalisés depuis huit ans à Rennes et depuis six ans en Loire-Atlantique et dans la Manche.

Leur objectif était double : mesurer l'importance pratique des dégâts causés par les pucerons dans l'Ouest et, par voie de conséquence, tester l'intérêt de la lutte chimique. Pour cela, les interventions ont presque toutes été faites peu après la fin de la période de contamination des cultures, avant que les dégâts ne soient devenus visibles.

Les traitements ont été réalisés à l'aide de produits endothérapiques épandus à la fin du mois de mai ou au début du mois de juin. Deux insecticides ont été employés : l'oxy-déméton-méthyl en pulvérisation à 30 g de M. A./hl et le disulfoton sous forme de micro-granulés distribués à la volée sur les plantes, sans enfouissage, à la dose de 1,5 kg de M. A./ha ; les deux produits ont présenté une excellente efficacité vis-à-vis des pucerons. Malgré cela, ces traitements ont souvent été sans objet puisque les colonies des parcelles témoins ont été anéanties par les ennemis naturels avant d'avoir commis des dégâts.

Comme nous l'avons déjà signalé, il n'a été observé de différences significatives entre les rendements des parcelles traitées et non traitées que dans six essais sur dix-neuf : deux à Rennes en 1962, un en 1964 dans la Vienne et trois en 1965, 1966 et 1967 à Rennes ; il est à remarquer qu'au cours de ces années, le développement des mycoses a été très tardif. Quand les différences étaient significatives, les gains de récolte étaient habituellement faibles, de l'ordre de 2 à 4 q/ha ; ils ont très exceptionnellement atteint 8 q, dans la Vienne, en 1964 (tabl. 2). WAY, HEATHCOTE tirent de leurs essais des enseignements analogues aux nôtres, bien qu'en Angleterre, ils aient observé des pullulations qui semblent être plus fortes et plus durables qu'en Bretagne.

Donc, dans des conditions climatiques analogues à celles de ces dernières années, la lutte chimique n'est pas nécessaire : le développement des populations s'effectue tardivement et reste faible (WAY, 1967). La protection des cultures peut être assurée très efficacement par des traitements à base d'oxy-déméton-méthyl ou de disulfoton, dans les cas où de fortes pullulations seraient à craindre : contaminations initiales importantes, printemps précoce, chaud et sec, entraînant le développement des populations dès la fin du mois de mai. Sous réserve d'une observation attentive, les interventions pourraient être limitées aux bordures des champs et aux foyers.

V. — INTERPRÉTATION AGRONOMIQUE DES ESSAIS

A Rennes, le rendement moyen des semis précoces de la variété *Strube* a été de 50,7 q/ha au cours de ces dernières années (1961-1968). Par contre, celui des années précédentes (1952 à 1960) n'a atteint que 38,2 q/ha. Cette grosse différence est la conséquence d'une pluviométrie plus abondante au cours de la période de nos observations : le seul rendement faible (35,4 q/ha) a été obtenu en 1967, année où les féveroles ont souffert, en outre, d'attaques de Botrytis (*Botrytis fabae* SARD) et d'*Ascochyta* sp. Par contre, des récoltes inférieures à 38 q/ha ont été enregistrées en 1952, 1955, 1957 et 1959, années à pluviométrie déficitaire au printemps et au début de l'été, pour lesquelles nous n'avons malheureusement pas de données sur le développement des populations de pucerons.

Ceci restreint quelque peu la généralité de nos conclusions concernant la faible nuisibilité des pucerons, bien qu'elles portent sur neuf années, mais confirme que,

TAB

Rendements des variétés de Féverole de printemps, Strube *et* Columb
des dates de semis (q/h

Rennes (C. R. A. de l'Ouest)

Date de semis	*Strube*		*Columba*		Effet du traitement (1)
	sans traitement	avec traitement	sans traitement	avec traitement	
2-3-61	54,6	50,5	47,6	43,7	NS
17-3	43,3	44,5	35,9	33,9	
29-3	38,9	37,0	34,6	32,0	
12-3-62	45,3	47,8	36,9	40,7	d = 2,17
6-4	38,8	40,7	29,3	32,0	
21-4	29,8	32,5	18,7	22,1	
14-3	47,5	49,4	41,9	42,8	d = 1,10
15-3-63	65,7	—	60,7	—	—
26-3	62,3	—	50,4	—	
12-4	50,2	—	47,5	—	
28-2-64	59,2	58,6	42,5	44,8	NS
25-3	44,8	43,1	37,5	36,3	
7-4	44,5	42,9	31,4	30,7	
22-4	36,2	36,8	19,8	15,9	
11-3-65	43,0	45,1	38,6	41,5	NS
25-3	40,3	43,6	37,8	38,6	
12-4	33,1	32,0	33,5	34,5	
24-4	34,1	32,6	27,0	27,1	
1-4	44,0	39,3	38,7	42,9	NS
1-4	33,7	39,0	28,7	37,6	d = 3,5
19-3-66	49,7	51,3	40,1	40,2	d = 1,17
2-5	21,2	23,0	12,1	13,1	
22-4	49,9	50,0	45,1	44,3	NS
17-3-67	35,4	38,3	24,3	27,7	d = 1,82

(1) Les traitements aphicides ont été effectués à *Rennes* le 15 mai 1961, le 28 juin 1962, le 1er juin 1964, le 1er jui
(2) Les traitements aphicides ont été effectués : en *Loire-Atlantique* le 19 juin 1963, le 7 juillet 1965 et le 6 juin 1966
: dans la *Manche* le 12 juin 1963, le 5 juin 1964, le 3 juin 1966 et l
: dans la *Vienne* le 5 juin 1964, le 22 juin 1965 et le 5 juin 1966.

EAU 2

dans l'Ouest de la France, avec et sans traitement aphicide, en fonction
à 15 p. 100 d'H. R.)

Autres localités						
Lieu	Date de semis	*Strube*		*Columba*		Effet du traitement (2)
		sans traitement	avec traitement	sans traitement	avec traitement	
Loire-Atlantique	3-3-61	13,0		11,0		
Manche	1-3	29,3		29,2		
Loire-Atlantique	12-3-62	26,0		26,7		
Manche	5-3	24,9		23,6		
Loire-Atlantique	2-4-63	17,3	19,6	23,9	24,8	NS
Manche	21-3	25,5	25,4	33,2	36,0	NS
Loire-Atlantique	9-3-64	18,3	—	19,3	—	—
Manche	28-3	32,7	24,3	34,5	33,1	—
Vienne	12-3	11,8	19,7	13,3	14,3	$d = 3,6$
	13-4	17,4	15,8	10,8	15,4	
Loire-Atlantique	5-4-65	17,5	23,2	24,2	28,4	NS
Vienne	2-4	20,9	24,2	—	—	NS
Loire-Atlantique	5-4-66	17,5	23,3	24,2	28,3	NS
Manche	15-3	42,4	34,9	42,3	42,5	NS
Vienne	9-3	45,1	49,3	—	—	NS
	29-3	47,6	45,5	—	—	
Manche	19-3-67	—	—	28,6	29,3	NS

1965, le 6 juin 1966, le 29 mai 1967.

29 mai 1967.

même dans l'Ouest, la Féverole de printemps peut être exposée à un manque d'alimentation en eau.

Cette dernière constatation est confirmée par la baisse considérable des rendements des semis tardifs par rapport à ceux effectués au début du mois de mars, malgré la précocité de la variété *Strube* et la bonne capacité de rétention en eau de notre terrain (tabl. 2). La diminution de la récolte est en moyenne de 13 q/ha pour un retard d'un mois ce qui confirme, dans l'Ouest, les résultats qui avaient été observés dans le Bassin parisien (PICARD, BERTHELEM, FÉLIX, 1955).

D'autre part les rendements obtenus à Rennes sont généralement très supérieurs à ceux des autres lieux d'essais (tabl. 2). Ceci pourrait s'expliquer essentiellement par la fertilité élevée des sols de limon de la Station d'Amélioration des Plantes de Rennes et, plus accessoirement, par le mode d'expérimentation adopté : les parcelles, d'une surface unitaire de 10 à 15 m², étaient récoltées à la main alors que dans les autres localités, elles mesuraient 70 m² et étaient coupées à la moissonneuse batteuse, non sans quelque égrenage.

CONCLUSIONS

Dans l'ouest de la France, depuis 1961, le Puceron noir de la Fève a rarement été un déprédateur nuisible aux cultures de Féverole de printemps et encore moins aux cultures d'hiver. Alors que les taux de contamination initiale des cultures de printemps ont souvent été élevés, et que la réceptivité des plantes était grande au moment des contaminations, il n'y a pas eu de dégâts car les populations ont été anéanties au cours du mois de juin ou au début du mois de juillet par des insectes prédateurs et surtout par des maladies, des mycoses dues à *Entomophthora aphidis* et *E. fresenii*. Il s'agit là d'un fait assez exceptionnel en France, dû au climat particulier de la région et peut-être aussi aux conditions météorologiques qui ont régné au cours de ces dernières années. Celles-ci ont été caractérisées dans leur ensemble par des printemps pluvieux et humides, peu favorables aux pullulations d'*Aphis fabae* mais, par contre, favorables à la culture de la Féverole.

En conséquence, les traitements insecticides n'ont eu d'effet favorable sur la récolte que dans six essais sur les dix-neuf réalisés en tout ; l'augmentation de rendement obtenue a été faible. Les pertes de récoltes dues aux pucerons n'ont eu aucune commune mesure avec celles enregistrées dans tous les cas où la date de semis a été retardée au-delà de la mi-mars.

Comme il est possible d'assurer la protection des champs quand les pullulations de pucerons sont à craindre, et comme le risque le plus grand est l'insuffisance de l'alimentation en eau, nous pouvons conseiller de cultiver la Féverole de printemps dans les terres argileuses à capacité de rétention élevée et dans les régions à pluviométrie printanière et estivale assez abondante. Si ces conditions ne sont pas rencontrées, et si des semis précoces ne sont pas réalisables à cause de la nature du terrain, la culture de la féverole d'hiver est à recommander car elle échappe à la fois aux dégâts des pucerons et à ceux de la sécheresse.

Reçu pour publication en mars 1969.

SUMMARY

BLACK BEAN APHID (*APHIS FABAE* SCOP.)
AND THE CULTURE OF SPRING FIELD BEANS (*VICIA FABA* L.)
IN THE WEST OF FRANCE

In the west of France, since 1961, the black bean aphid has seldom been a pest of spring-sown beans and still less of winter-sown ones. Although initial infestations of spring sowings have often been heavy, and at a time when the plants were receptive to invasion, very little damage has been done because the populations have been devastated during June and early July by predacious insects and above all by diseases, such as mycoses due to *Entomophthora aphidis* and *E. fresenii*. This is exceptional for France and was due to the particular climate of the region and perhaps also to the meteorological conditions of recent years. These years have been characterized on the whole by rainy and wet springs, little favourable to the breeding of *A. fabae*, but, by contrast, very favourable for field beans.

When the attacks of aphids are to be feared it is possible to protect the fields and, as the greatest risk is the shortage of water, we advise farmers to grow spring-sown field beans in clay soils with a high water capacity, and in regions with a reasonably high spring and summer rainfall. If such conditions are not present and if early sowing cannot be done, because of the nature of the terrain, we advise the planting of winter beans, for these escape both the attack of the aphids and damage from drought.

ZUSAMMENFASSUNG

DIE SCHWARZE BOHNENBLATTLAUS (*APHIS FABAE* SCOP.)
UND DER ANBAU DER FRÜHLINGSKLEINSAUBOHNE IN DER BRETAGNE

Seit 1961 war die schwarze Bohnenblattlaus in Westfrankreich selten ein grosser Schädling in den Kulturen der Frühlingskleinsaubohne und noch weniger in denen der Winterkleinsaubohne. Selbst wenn der Initialbefall der Frühlingskulturen prozentual sehr stark und die Empfindlichkeit der Pflanzen im Befallsmoment gross waren, kam es nie zu Schäden ; denn die Populationen wurden im Laufe des Monats Juni und Anfang Juli durch Raubinsekten und vor allem durch Krankheiten, und zwar durch *Entomophthora aphidis* und *fresenii* versursachte Mykosen, ausgerottet. Es handelt sich hier um einen ziemlich aussergewöhnlichen Vorfall in Frankreich, bedingt durch das der Gegend eigene Klima und vielleicht auch durch die besonderen Wetterbedingungen der letzten Jahre. Diese, im allgemeinen gekennzeichnet durch regnerische und feuchte Frühjahre, schafften der Pullulationen von *Aphis fabae* wenig günstige, dagegen dem Anbau der Kleinsaubohne sehr günstige Bedingungen.

Da die Möglichkeit besteht, die Acker zu schützen, wenn Blattlauspullulationen zu befürchten sind und da das grösste Risiko die unzureichende Bewässerung ist, empfehlen wir den Anbau von Frühlingskleinsaubohnen auf lehmigen Böden mit grossem Wasserspeicherungsvermögen und im Westen mit ziemlich starken Frülings- und Sommerregen.

Sind diese Bedingungen nicht vorhanden und ist eine Frühaussaat wegen der Bodenbedingungen nicht möglich, so ist der Winterkleinsaubohnenanbau zu bevorzugen ; denn er entzieht sich einerseits den Schäden der Blattlaus und andererseits denen der Trockenheit.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BANKS C. J., MACAULAY E. D. M., 1967. Effects of *Aphis fabae* SCOP. and of its attendant ants and insect predators on yields of field beans (*Vicia faba* L.). *Ann. appl. Biol.*, **60**, 445-453.

BERTHELEM P., MISSONNIER J., ROBERT Y., 1968. Le Puceron noir de la Fève et la culture de la Féverole de printemps dans l'Ouest. *Compte rendu des observations faites de 1961 à 1968*. C. R. A. de l'Ouest, Rennes (en préparation).

BONNEMAISON L., 1961. Protection des betteraves-racines et des porte-graines contre la jaunisse, basée sur la lutte contre les vecteurs. *Ann. Épiphyties*, **12**, 155-217.

KENNEDY J. S., 1958. Physiological condition of the host-plant and susceptibility to aphid attack. *Entomol. exper. appl.*, **1**, 50-65.

MISSONNIER J., ROBERT Y., THOIZON G., 1969. Circonstances épidémiologiques semblant favoriser le développement des mycoses à Entomophthorales sur pucerons. *Entomophaga* (sous presse).

MÜLLER H. J. Ueber die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von *Vicia faba* L. gegenuber der Bohnenblattlaus *Doralis fabae* SCOP : 1951, III, *Züchter*, **21**, 161-179 ; 1966, IX, *Entomol. exper. appl.*, **9**, 42-66.

PICARD J., BERTHELEM P., FÉLIX L., 1955. La culture de la Féverole-grain. *Ann. Amélior. Plantes*, **1**, 79-102.

RADEMACHER B., 1939. In KENNEDY J. S., 1958.

TAMBS-LYCHE H., KENNEDY J. S., 1958. Relation between growth pattern and resistance to *Aphis fabae* SCOP. in three varieties of field bean (*Vicia faba* L.). *Entomol. exper. appl.*, **1**, 225-239.

WAY M. J., 1967. The nature and causes of annual fluctuations in number of *Aphis fabae* SCOP. on field beans (*Vicia faba*). *Ann. appl. Biol.*, **59**, 175-188.

WAY M. J., HEATHCOTE G. D., 1966. Interactions of crop density of field beans, abundance of *Aphis fabae* SCOP., virus incidence and aphid control by chemicals. *Ann. appl. Biol.*, **57**, 409-423.

WEISSMAN L., VALLO V., 1963. Voska Makova (*Aphis fabae* SCOP.). *Slovakian Academy of Science*, Bratislava, 1 vol. 301 pp.

Ann. Zool. Écol. anim., 1969, **1** (2), 197-202.

PREMIÈRES OBSERVATIONS SUR LA PRÉSENCE EN FRANCE DE *LASPEYRESIA MEDICAGINIS* KUZN. (LEP. *TORTRICIDAE*) DANS LES LUZERNIÈRES DU DÉPARTEMENT DE LA DRÔME

J. d'AGUILAR, S. POITOUT et F. de la CONDAMINE

Laboratoire de Faunistique,
Station centrale de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, 78 - Versailles,
Station de Zoologie,
Centre de Recherches agronomiques du Sud-Est, 84 - Montfavet
Institut national de la Recherche agronomique
Fédération nationale des Agriculteurs-Multiplicateurs de Semences
123, Boulevard Hausmann, 75 - Paris (8e)

SOMMAIRE

Laspeyresia medicaginis KUZN., connu dans les régions méridionales d'U. R. S. S. et de Bulgarie, fait depuis 1966 des dégâts dans les luzernières à graines du département de la Drôme. La biologie de ce Lépidoptère univoltin apparaît, sous nos climats, très proche de celle décrite en U. R. S. S. Des hypothèses sur l'origine de cette pullulation sont présentées. En matière de lutte contre cette Tordeuse, on s'oriente vers une méthode culturale : la récolte de graines « en première pousse », sans précoupe.

INTRODUCTION

C'est en 1966 que les premières attaques d'une Tordeuse ont été signalées sur les luzernes à graines de Roynac (Drôme). Depuis cette date, l'infestation semble avoir gardé un caractère local, cet insecte n'ayant été observé qu'à Grane et à Salettes. Ces deux communes situées de part et d'autre de Roynac sur un axe nord-sud sont distantes d'environ 20 kilomètres.

L'examen des adultes obtenus d'élevage ou récoltés dans la nature au piège lumineux a permis de préciser l'identité de ce *Tortricidae* ; il s'agit de *Laspeyresia medicaginis* KUZN. (1).

(1) Nous tenons à remercier le Dr A. DIAKONOFF du Musée d'Histoire naturelle de Leiden (Pays-Bas) qui a confirmé notre identification.

DESCRIPTION

Cette espèce, dont la taille varie de 8 à 12 mm, est voisine de *Laspeyresia succedana* DEN. et SCHIFF. dont la larve vit sur des gousses de Légumineuses sauvages et ressemble au stade adulte à de petits individus de *Laspeyresia ulicetana* HW. par leur coloration uniforme. Ce sont surtout les pièces génitales mâle et femelle qui permettent de reconnaître l'espèce décrite des régions méridionales de l'U. R. S. S. par V. L. KUZNETZOV (1962).

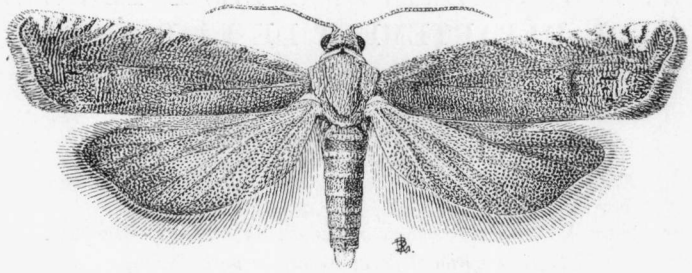


FIG. 1. — *Adulte de* Laspeyresia medicaginis KUZN.

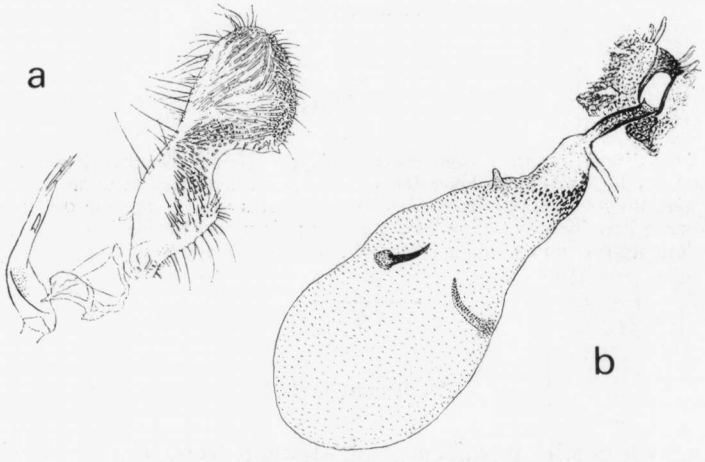


FIG. 2. — *Pièces génitales de* L. medicaginis KUZN.
a) Pénis et valve droite de l'armure génitale mâle
b) Bourse copulatrice de la femelle

Pièces génitales

Mâle: valve à *cucullus* arrondi, plus court que chez *L. succedana,* avec une encoche en demi-cercle au bord inférieur Épines et soies s'étendant en une bande continue depuis le *sacculus* jusqu'à l'extrémité de la valve le long du bord inférieur ; au voisinage de l'encoche, cette vestiture est légèrement écartée du bord inférieur. Ce

caractère permet de distinguer aisément *L. medicaginis* de *L. ulicetana* HW. dont le *cucullus* a une forme identique, mais qui ne porte pas de soies sur la partie située au-dessus de l'encoche et de *L. succedana* dont le *cucullus* est nettement plus allongé et la partie au-dessus de l'encoche dénudée.

Le pénis est élargi à la base et fortement courbé, presque à angle droit. On distingue trois *cornuti* à l'extrémité et une courte épine au milieu.

Femelle : Ostium bursae entouré d'un anneau sclérifié étroit en forme d'étrier. *Ductus bursae* fortement mais inégalement sclérifié sur une grande partie de sa longueur ; il part de l'*ostium bursae* en position dorsale pour atteindre la *bursa copulatrix* en position ventrale en se retournant presque à angle droit ; deux longs *sigma* se situent vers le centre de la bourse.

La chenille, de teinte jaune, ne peut pas être confondue avec celle de couleur rouge, d'une autre Tordeuse, *Grapholita compositella* F. que l'on trouve souvent dans la Luzerne et le Trèfle et dont les dégâts, localisés aux pousses terminales, sont généralement peu importants.

BIOLOGIE EN U. R. S. S.

Jusqu'à maintenant cette Tordeuse n'était connue qu'en U. R. S. S. (Caucase, Transcaucasie, régions basses et moyennes de la Volga, Bachkirie, Kazakhstan, sud de la Sibérie) et en Bulgarie (région de Pleven), où elle a été signalée sous le nom de *Collicularia* (= *Laspeyresia*) *microgrammana* GN. en 1964.

Sa biologie a été étudiée par D. A. PONOMARENKO dans la région de Volgograd.

C'est un insecte à une génération annuelle. La chenille hiverne dans un *hibernaculum* à une profondeur d'environ 5 cm dans la terre. En mai et au début juin, la larve quitte son abri d'hiver, remonte à la surface du sol et se nymphose après s'être confectionné un cocon. De la reprise d'activité à l'éclosion de l'adulte, une vingtaine de jours sont nécessaires. Les vols des imagos s'observent de la première décade de juin au début août. Les papillons sont très actifs, mais leur vol ne s'étendrait pas à plus de 2 km. A l'éclosion, les ovaires des femelles ne sont pas complètement développés et les premiers œufs formés n'apparaissent pas avant 5 à 8 jours. Ainsi, la ponte commence en juin et se termine à la fin d'août. C'est de préférence sur les jeunes feuilles supérieures que les œufs sont déposés, le plus souvent isolément. Les jeunes chenilles montent le long de l'inflorescence, pénètrent dans les fleurs et les boutons floraux où elles s'attaquent à la base des pétales, aux filets d'étamines et au pistil. Il s'ensuit un dessèchement des fleurs et des boutons, que les chenilles quittent alors pour passer sur d'autres. Sur les jeunes fruits, les chenilles endommagent la partie basale de la gousse, puis s'attaquent aux graines vertes. La forme et la couleur des gousses infestées ne sont pas altérées ; elles se reconnaissent à la présence de trous irréguliers dans les valves, et souvent d'excréments. La chenille en fin de développement touche rarement aux valves et mange seulement les graines. Elle quitte sa plante-hôte et pénètre dans la couche superficielle du sol à 5-7 cm de profondeur où elle se tisse un *hibernaculum* et entre en diapause. Les chutes de pluie printannière augmenteraient la période de repos, tandis que la sécheresse provoquerait une reprise précoce d'activité des chenilles hivernantes.

Les plantes-hôtes de *L. medicaginis* sont des *Medicago* sauvages et la Luzerne cultivée. Dans la région de la Volga, les dégâts les plus importants ont été observés dans les fermes qui produisent de la semence de luzerne. Dans ces fermes, la perte en graines due à cette Tordeuse varie, suivant les années, de 5 à 20 p. 100 et peut atteindre 47 p. 100 dans certaines parcelles. Les dégâts peuvent être plus importants encore si l'on considère la chute des boutons, des fleurs et des jeunes gousses.

OBSERVATIONS DANS LE DÉPARTEMENT DE LA DRÔME

La commune de Roynac où est apparue l'attaque de *Laspeyresia medicaginis* est vouée à la production de graines de Luzerne par son sol, son climat et sa situation générale. Cette culture y est traditionnelle et les rendements les plus élevés du département y sont obtenus. Ces conditions semblent bien être identiques à celles indiquées par PONOMARENKO dans la région de la Volga. D'ailleurs les observations biologiques faites dans la Drôme coïncident en partie avec celles de l'auteur soviétique.

En 1968, un piège lumineux a été mis en place du 28 juin au 25 juillet. Il avait pour objectif essentiel d'assurer la capture d'adultes en nombre suffisant pour pouvoir déterminer l'espèce en cause. Il a aussi permis d'observer la présence d'imagos du 27 juin au 17 juillet (fig. 3). Ce piégeage et des observations dans les luzernières semblent bien indiquer que, comme en U. R. S. S., les vols des adultes ont dû avoir lieu, en 1968, de la mi-juin à la fin juillet. Par ailleurs, la quantité des captures (plus de 500 000 individus dont plusieurs captures allant de 50 000 à 90 000 en une seule nuit, pour un piège sur un hectare environ de luzerne) donne une idée de l'impor-

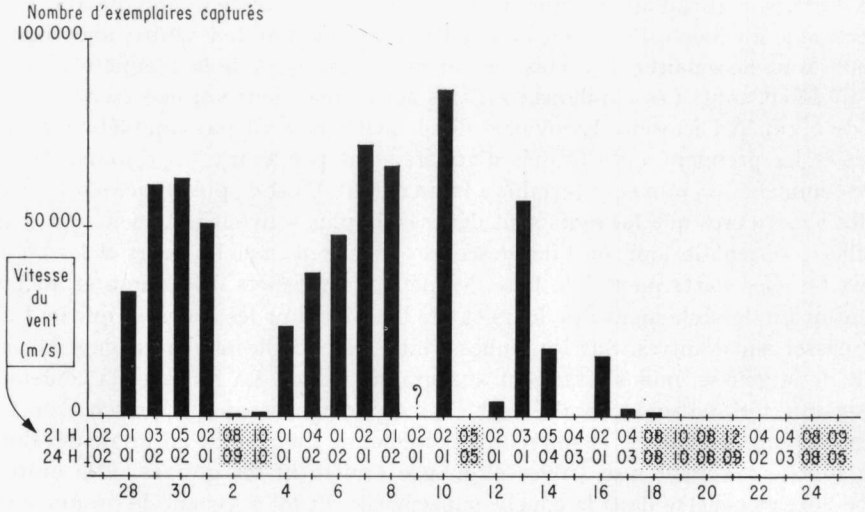


FIG. 3. — *Nombre de captures journalières enregistrées du 28 au 25 juillet 1968.*

Le dénombrement est effectué par une méthode pondérale.
Les vitesses instantanées du vent à 21 heures et 24 heures expliquent la plupart des anomalies observées dans l'allure générale du graphique sauf pour le 9 juillet (?) où vraisemblablement le piège n'a pas fonctionné.

tance de l'infestation. La perte de récolte en graines est très importante, elle semble pouvoir atteindre 80 p. 100 de la récolte prévue. Notons que les mâles représentent la grande majorité de ces captures, les femelles atteignant environ 2 p. 100. D'autre part, dans les élevages poursuivis au Laboratoire de Faunistique à Versailles sur du matériel provenant de la Drôme, les éclosions d'adultes se sont échelonnées du 8 juillet à la mi-août avec une forte sortie du 11 au 30 juillet.

Il est aussi intéressant de signaler ici que cet élevage a révélé un fort parasitisme dû principalement à un hyménoptère *Braconidae : Ascogaster* sp.

Les dégâts sont observés au moment où les chenilles sont en majorité au dernier stade, c'est-à-dire pendant la première quinzaine d'août. Quelques chenilles en fin de développement se rencontrent encore à la fin du mois d'août dans les gousses les plus vertes. Les gousses attaquées se reconnaissent au tissage reliant différentes parties d'une même gousse ou plusieurs gousses entre elles. Un échantillon prélevé dans la première quinzaine de juillet nous a permis d'observer des attaques de jeunes larves sur boutons, fleurs et jeunes gousses.

En octobre, il a été difficile d'observer les chenilles dans le sol, même par lavage. Les rares exemplaires étaient très près de la surface et sans abri. Les larves, au dernier stade, récoltées en août et placées sous abri ne se sont pas nymphosées. Toutes sont mortes dans les deux mois suivants sans former d'*hibernaculum*.

ÉLÉMENTS POUR L'ORIENTATION DE LA LUTTE

Nos connaissances sur la biologie de *L. medicaginis* en France doivent être poursuivies et approfondies mais les premières observations, qui corroborent celles des auteurs soviétiques, peuvent permettre d'apporter des éléments pour l'orientation de la lutte.

La remarque la plus importante réside dans le fait que le stade adulte de l'insecte doit coïncider avec le début de la floraison de sa plante-hôte pour que les dégâts soient économiquement importants. Cette coïncidence est en partie réalisée lorsque la récolte des graines s'effectue à la « deuxième pousse », dite avec « précoupe » ; on pourrait donc introduire un décalage entre la floraison et l'apparition des adultes, et réduire ainsi les dégâts.

Par contre, un décalage d'un mois entre la floraison et l'apparition des adultes se produit dans le cas d'une récolte de graine sur la « première pousse » (floraison dans la deuxième quinzaine de mai). La probabilité des attaques paraît alors faible. C'est là sans doute que se situe le meilleur moyen d'enrayer les dégâts dus a l'insecte. La recommandation d'une récolte de graines en « première pousse » est une méthode culturale techniquement souhaitable dans le sud-est de la France. Elle permettrait d'autre part au parasitisme mis en évidence d'exercer mieux son influence régulatrice.

CONCLUSIONS

La présence en France depuis 1966 de *L. medicaginis*, dont les dégâts ont été signalés en U. R. S. S. dès 1940, pose le problème de son introduction éventuelle. Il

est difficile de répondre présentement à cette question et l'on peut formuler, à cet égard, deux hypothèses.

La localisation des attaques, leur apparition rapide et la pullulation assez extraordinaire peuvent faire pencher en faveur d'une introduction récente. Dans ce cas une extension de l'aire de répartition serait à redouter et pourrait menacer la production de graines de luzerne dans les régions méridionales où cette culture est en extension. La biologie de cette espèce sous nos climats apparaît en effet très proche de celle qui a été décrite en U. R. S. S. ; les dégâts y sont aussi très sensibles sur les luzernes destinées à la production de semences.

Il est aussi vraisemblable de penser que cette espèce, bien qu'autochtone, soit passée inaperçue ou ait été confondue avec des espèces voisines, car sa caractérisation, par les pièces génitales, a été faite récemment (1962) en U. R. S. S. Dans ce cas la pullulation aurait pu être favorisée par divers facteurs comme l'application, depuis peu d'années, de traitements systématiques contre la Cécidomyie, *Contarinia medicaginis* KIEFF.

Il serait intéressant d'élargir la prospection dans les luzernières, en particulier celles destinées à la graine, afin de détecter la présence de *L. medicaginis* dans différentes régions.

Dans l'état actuel de nos connaissances en matière de lutte contre cette Tordeuse, on s'oriente vers la recommandation d'une méthode culturale : la récolte de graine « en première pousse », sans précoupe.

Reçu pour publication en mars 1969.

SUMMARY

FIRST OBSERVATIONS ON THE OCCURENCE OF *LASPEYRESIA MEDICAGINIS* KUZN. (LEP. *TORTRICIDAE*) IN THE SEED-GROWING LUCERNE FIELDS IN THE DEPARTMENT OF DRÔME (SOUTH OF FRANCE)

Laspeyresia medicaginis KUZN. known from the southern parts of U. S. S. R. and Bulgaria was found since 1966 to be noxious to seed-growing lucerne-fields in the Department of Drôme (South of France).

In France, the life-cycle of this univoltinous Lepidoptera seems to be very near to its biology in U. S. S. R. The origin of this pullulation is discussed.

The control of this Tortricid is directed towards a cultural method : the harvesting of grain at the first cutting.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOVEY P., 1966. *Tortricoidea*, in A. BALACHOWSKY. *Entomologie appliquée à l'agriculture*, **2** (1), 644-645, 813.

DONCHEV K., 1964. The lucerne seed moth, a new pest of lucerne seed in Bulgaria (en bulgare). *Rastit. Zasht.*, **12**, 13 (in R. A. E., **54**, (1966), 556-557).

KUZNETSOV V. I., 1962. Neue palearktische Arten der Gattung *Laspeyresia*. *Entomol. Oboz.*, **41**, 633-636.

PONOMARENKO D. A., 1940. Insects injuring the irrigated and unwatered Lucerne in the region of the left Bank of the Volga and the adjoining regions (en russe). *Bull. Plant Prot.* (1/2), 24-38 (in R. A. E., **30** (1942), 136).

PONOMARENKO D. A., 1944. Simple pest control measures on seed Alfalfa (en russe). *Proc. Lenin Acad. agric. Sci.* U. R. S. S., **9** (5/6), 20-23 (in R. A. E., **33** (1945), 305-306).

Ann. Zool. Écol. anim., 1969, **1** (2), 203-204.

INFORMATIONS

RÉSUMÉ D'ARTICLE
publié dans les *Annales des Sciences forestières* en 1968

GERY G., DUSSAUSSOY G. — Études des fluctuations du niveau de population de la Processionnaire du Pin dans la vallée du Niolo en Corse. *Ann. Sci. forest.*, 1968, **26** (1).

La population de Processionnaire du Pin (*Thaumetopoea pityocampo* SCHIFF.) de la vallée du Niolo en Corse constitue vraisemblablement un écotype sans interférences avec les vallées voisines.

Un schéma d'étude quantitative a été établi pour suivre l'évolution de cette population. Il permet d'estimer :

— les variations intracycliques du niveau de population dans des parcelles déterminées,

— les fluctuations transcycliques du niveau de population à l'échelle de la vallée.

Ce schéma est complété par un ensemble d'observations effectuées sur les facteurs de réduction.

Les variations intracycliques sont estimées par l'échantillonnage d'un certain nombre de pins préalablement tirés au sort dans chaque parcelle. Les données obtenues sont traitées par l'analyse de covariance.

Les variations transcycliques sont observées par dénombrement à chaque génération des nids présents sur 1 500 pins répartis dans toute la vallée.

La recherche des relations existant entre les phénomènes enregistrés localement à chaque cycle dans les parcelles d'étude et l'évolution de l'insecte dans la vallée sera faite ultérieurement au moyen de l'analyse de corrélation multiple.

Actuellement les premières observations effectuées durant un cycle biologique complet de la Processionnaire (1965-1966) montrent que, dans toutes les parcelles, une réduction importante de la population a eu lieu avant l'hiver 1965. Malgré cette mortalité, au printemps 1966, 6 000 000 de nids environ étaient encore présents dans la vallée. Ce chiffre traduit l'importance du degré d'infestation atteint et la possibilité de persistance des dégâts au cours des années ultérieures. La répartition de ces nids met, en outre, en évidence le rôle joué dans le maintien de la population par les zones de massif.

GROUPE D'ÉTUDE DES RYTHMES BIOLOGIQUES

Siège social : 4, rue Ledru, 63 - Clermont-Ferrand
(adresse du laboratoire de Biologie végétale de la Faculté des Sciences)

Cette association a été lancée grâce à l'appui d'un *comité de patronage* qui comprenait notamment MM. I. ASSENMACHER, professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier ; J. BENOIT, de l'Académie nationale de Médecine, professeur honoraire au Collège de France ; E. BILIOTTI, chef de départemet au Centre national de la Recherche agronomique ; J, BRACHET, de l'Académie royale de Belgique, professeur à l'Université libre de Bruxelles ; R. CHAUVIN, professeur à la Faculté des Sciences de Strasbourg ; P. CHOUARD, de l'Académie d'Agriculture, professeur à la Sorbonne, directeur du Phytotron de Gif. ; R. COURRIER, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, de l'Académie nationale de Médecine, professeur honoraire au Collège de France ; R. DEBRÉ, de l'Institut, ancien président de l'Académie nationale de Médecine, professeur honoraire à la Faculté de Médecine de Paris ; J. DELAY, de l'Académie française et de l'Académie nationale de Médecine, professeur à la Faculté de Médecine de Paris ; A. FESSARD, de l'Institut et de l'Académie nationale de Médecine, professeur au Collège de France ; M. FONTAINE, de l'Institut, de l'Académie nationale de Médecine et de l'Académie d'Agriculture, directeur du Muséum national d'Histoire naturelle ; P. FRAISSE, professeur à la Sorbonne, directeur de l'Institut de Psychologie de l'Université de Paris ; R. J.-GAUTHERET, de l'Institut et de l'Académie d'Agriculture, professeur à la Sorbonne ; H. GESLIN, de l'Académie d'Agriculture, directeur honoraire de la Station centrale de Bioclimatologie agricole de l'I. N. R. A. ; F. HALBERG, président de la *Society for Biological Rhythm*, professeur à l'Université de Minnesota ; C. KAYSER, correspondant de l'Académie nationale de Médecine, professeur

à la Faculté de Médecine de Strasbourg ; G. LAROCHE, ancien président de l'Académie nationale de Médecine, professeur honoraire à la Faculté de Médecine de Paris ; A. LWOFF, Prix Nobel, professeur à la Sorbonne, directeur de l'Institut de Recherches scientifiques sur le Cancer, de Villejuif ; R. MERLE d'AUBIGNÉ, de l'Institut et de l'Académie nationale de Médecine, professeur à la Faculté de Médecine de Paris ; B. METZ, professeur à la Faculté de Médecine de Strasbourg, directeur du Centre d'Études bioclimatiques du C. N. R. S. ; J. MONOD, Prix Nobel, professeur au Collège de France ; R. PÉRO, chef de département au Centre national de Recherches zootechniques ; L. PLANTEFOL, de l'Institut, professeur honoraire à la Sorbonne ; J. ROCHE, de l'Institut et de l'Académie nationale de Médecine, professeur au Collège de France, recteur de l'Académie de Paris.

Membres du conseil et du bureau

Président : M. FONTAINE, de l'Institut ; *Vice-Président* : I. ASSENMACHER (Physiol. anim., Fac des Sc., Montpellier) ; *Secrétaire général* : L. BAILLAUD (Biol. vég., Fac. des Sc. Clermont) ; *Secrétaire-adjointe* : A. CLAIRE (Botan., Fac. des Sc. Clermont) ; *Trésorier* : A. HUGELIN (Physiol., C. H. U. Saint-Antoine, Paris) ; *Trésorière-adjointe* : T. VANDEN DRIESSCHE (Morphogenèse exp. et Physiol. cell., Fac. Sc. Bruxelles) ; J.-Y. GAUTIER (Éthol.. Fac. des Sc. Rennes) ; S. JEREBZOFF (Physiol. vég. C. N. R. S., Toulouse) ; P. JOLY (Biol. Anim. Fac. des Sc. Strasbourg) ; B. METZ (Physiol ., Fac. Méd. Strasbourg) ; J. NIGOND (Physiol. vég., I. N. R. A., Villa Thuret, Antibes); G. OLÉRON (Psycho. E.P.H.E., Sorbonne) ; A. REINBERG (C. N. R. S., Physiol. hum., Fond. A. de Rothschild, Paris) ; P.-C. ROBERT (Zool. agric., I. N. R. A., Colmar).

Des travaux de plus en plus nombreux portent sur des questions de rythmes biologiques, dans les domaines les plus divers. Il suffit de les lire pour se rendre compte de l'existence de nombreux points communs entre les difficultés que présentent ces travaux d'une discipline à une autre : difficultés dans l'utilisation des conditions « naturelles » pour mettre un rythme en évidence et pour se faire une idée des facteurs régulateurs, dans les équipements expérimentaux nécessaires à l'observation des rythmes en libre cours (caractère endogène du rythme, etc), dans l'analyse statistique des résultats (spectre, cosinor etc), dans la présentation des données, dans les tentatives de modification expérimentale des rythmes, dans l'interprétation cybernétique des phénomènes, etc. Combien de richesses mais aussi combien de chausse-trapes et de risques de verbalisme recèlent ces divers points !

Ce sont là autant de raisons pour que chacun ait intérêt à profiter de l'expérience des autres ; mais il y a d'autres raisons bien plus fondamentales pour souhaiter des contacts interdisciplinaires : ainsi le rythme d'une biocœnose est un tout dans lequel le comportement des animaux est étroitement lié à celui des végétaux, ainsi encore la comparaison entre les phénomènes périodiques chez l'ensemble des êtres vivants soulève la question de mécanismes fondamentaux communs.

Les rencontres interdisciplinaires consacrées à l'étude des rythmes biologiques sont de plus en plus fréquentes, depuis le Congrès de Genève de 1926. En 1938 a été fondée une société internationale (*Society for biological rhythm*) qui assure la continuité des relations entre les chercheurs de tous pays en ce domaine. Cependant l'importance croissante de ce secteur justifierait l'existence de groupements plus limités : il est de moins en moins normal que des chronobiologistes français attendent le tourbillon babélisant d'un congrès international pour faire connaissance.

Aussi, avec le plein accord de la Société internationale, avons-nous pris l'initiative de grouper les chercheurs de langue française dont les travaux concernent des problèmes de rythmes biologiques, avec divers objectifs :

Documentation : diffusion d'une liste des chercheurs et de leurs spécialités, information sur les congrès rythmologiques ou sur les manifestations similaires qui pourraient être organisées, par exemple par telle ou telle société spécialisée ; organisation de réunions générales (par exemple une par an, à consacrer en partie à des exposés de synthèse) ; organisation de réunions restreintes (micro-colloques) limitées à la fois dans leur sujet, le nombre des participants actifs et éventuellement l'auditoire. Divers autres objectifs sont également envisagés.

Une première étape a consisté à recenser les chercheurs intéressés par ce projet : non pas la totalité des biologistes qui étudient des phénomènes rythmés mais ceux qui, au moins occasionnellement, s'intéressent au déroulement de ces phénomènes dans le temps, aux rythmes eux-mêmes ; ceux qui en font un thème personnel de recherches, d'abord, et ceux qui souhaitent simplement se documenter. Quelques centaines de personnes ont répondu à cet appel.

Une réunion générale a déjà eu lieu le 24 janvier au Muséum. Des réunions plus spécialisées sont en préparation.

Pour tous renseignements s'adresser au Siège social ou à un membre du conseil.

Le Groupe d'Étude des rythmes biologiques, 4 rue Ledru, 63 - Clermont-Ferrand
(Laboratoire de Biologie végétale de la Faculté des Sciences)

Le secrétaire général : Lucien BAILLAUD, professeur

Ann. Zool. Écol. anim., 1969, **1** (2), 205.

CHRONIQUE DES LIVRES

AGUESSE (P.). — LES ODONATES DE L'EUROPE OCCIDENTALE, DU NORD DE L'AFRIQUE ET DES ILES ATLANTIQUES. Paris, Masson et C^ie^, Coll. *Faune de l'Europe et du bassin méditerranéen*, 1968. 258 pages.

Cet ouvrage est divisé en deux parties, d'importance inégale, les généralités et la systématique

Dans les généralités (66 pages), est résumé l'essentiel de nos connaissances concernant l'étymologie, l'historique, la classification actuelle, la morphologie des imagos et des larves, la biologie, l'écologie et les considérations biogéographiques.

Les données biologiques et écologiques constituent la moitié de cette première partie ; il est intéressant de noter que l'auteur insiste dans ce domaine sur ce qui est récent (problèmes posés par la croissance larvaire) ou peu connu (le vol des adultes). Il montre l'importance des Odonates en tant qu'indicateurs de la richesse des milieux aquatiques d'eau calme ou faiblement courante.

Dans la systématique (171 pages), 136 espèces et sous-espèces sont décrites et illustrées à l'aide de 116 figures. Chaque espèce (138 pages) est présentée au stade adulte dans l'ordre suivant : synonymie, mensuration, période de vol, caractéristiques, bibliographie, répartition et habitat. Les problèmes de systématique relatifs aux larves occupent la plus petite partie de cet ouvrage (32 pages). Ceci est dû plus particulièrement aux difficultés et parfois à l'impossibilité de séparer les différentes espèces chez les larves au dernier stade ; ceci est encore plus crucial au début de la vie larvaire.

Il s'agit de la première faune de ces insectes en langue française assortie de renseignements biologiques, écologiques et éthologiques. L'auteur met l'accent sur ce qui reste à faire, en particulier en ce qui concerne l'étude des populations d'adultes et de larves. C'est un document que devra posséder tout spécialiste des Odonates.

M. T.

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 27, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire :* il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs*, précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; *le nom de l'établissement*, dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :

a) *sommaire :* résumé suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé*, en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats*, à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusion ;* f) *résumé* destiné à être traduit en anglais comportant une analyse *complète* de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborations, les fonds, les dons... ; h) *références bibliographiques*.

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français très *complet*. Les figures, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de *et al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatres langues mentionnées) : le titre du périodique en abrégé, selon la *World List of Scientific Periodicals*, ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.;* le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d' « Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les figures ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des figures et dessins doivent être dactylographiés sur feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les figures, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés *à l'état de projets*, leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : *soit* × 0,5, *soit* × 0,25.

Il est rappelé que le format utile des Annales est : 16 × 24 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9 × 12, 4 photos 9 × 5,5, 6 photos 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur feuilles séparées et porter les numéros des figures.

Correction des épreuves : les auteurs recevront une épreuve à corriger.

Envoi du manuscrit : M. BILIOTTI, Centre national de Recherches agronomiques, 78 - Versailles, France. On demande deux exemplaires.

ZOOLOGIE.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

ANNALES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1969	France	Étranger	Le N°
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 nos par an	125 F	135 F	25 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOLOGIE-ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE, 4 nos par an	75 F	80 F	25 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 nos par an	75 F	80 F	25 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F

PUBLICATIONS NON PÉRIODIQUES

Prix T.T.C.

Recherches d'économie et de sociologie rurales :

Le n° 1 ..... **11,20 F**

Souscription pour les 4 premiers numéros : ..... **35,00 F**

Recherches vétérinaires :

Le n° 1 ..... **22,30 F**

Recherches d'hydrobiologie continentale :

Le n° 1 ..... **16,75 F**

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Applications de l'électricité à la biologie et à l'aménagement des pêches continentales, publié sous la direction de **R. Vibert.**

276 p., 1968 ..... **35,00 F**

Les leucoses animales, par **C. Lombard.**

215 p., 1968 ..... **27,90 F**

Fermentations et vinifications. IIe symposium international d'œnologie tenu à Bordeaux-Cognac, les 13-17 juin 1967.

656 p., 2 volumes, 1968 ..... **68,00 F**

Bases et techniques d'une cartographie des sols, par **M. Jamagne.**

142 p. (dont 3 cartes des sols sous pochette annexe), 1967 ..... **45,00 F**

Xe Congrès européen sur les groupes sanguins et le polymorphisme biochimique des animaux.

544 p., 1967 ..... **55,90**

Atlas stéréotaxique du cerveau de brebis *Préalpes du Sud*, par **P. Richard**

76 p. (dont 26 planches en phototypie), 1967 ..... **55,90 F**

Carte pédologique de la France à l'échelle du millionième et notice explicative, par **J. Dupuis.**

56 p., 1967 ..... **61,50 F**

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78 - Versailles.
Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean-Nicot, 7e.

TABLE DES MATIÈRES

J. BONFILS. — Catalogue raisonné des insectes des Antilles françaises. *Dictyoptera* : *Blattaria* et *Mantida*..... 107

A. VEY, C. VAGO. — Recherches sur la guérison dans les infections cryptogamiques d'insectes. Infection à *Aspergillus niger* v. TIEGH chez *Galleria melonella* L..... 121

M. STERNLICHT. — A study of fluctuations in the citrus bud mite populations. (Étude des fluctuations des populations d'*Aceria sheldoni* en Israël.)..... 127

Nicole HAWLITZKY. — Incidence de deux germes pathogènes sur quelques caractères physiologiques des larves de troisième stade de *Melolontha melolontha* L. (*Col. Scarabeidae*). 149

P. BERTHELEM, J. MISSONNIER et Y. ROBERT. — Le Puceron noir de la fève, *Aphis fabae* SCOP. (*Homoptera Aphididae*) et la culture de la féverole de printemps (*Vicia faba* L.). Facteurs de limitation des populations de l'insecte et possibilités d'extension de la culture dans l'Ouest de la France..... 183

J. d'AGUILAR, S. POITOUT et F. de la CONDAMINE. — Premières observations sur la présence en France de *Laspeyresia medicaginis* KUZN. (*Lep. Tortricidae*) dans les luzernières du département de la Drôme..... 197

Informations..... 203

Chronique des livres..... 205

CONTENTS

J. BONFILS. — Descriptive catalogue of the insects of the french West Indies. *Dictyoptera: Blattaria* and *Mantida*..... 107

A. VEY, C. VAGO. — Studies on recovery in the fungal infections of insects. *Aspergillus niger* infection in *Galleria melonella*..... 121

M. STERNLICHT. — A study of fluctuations in the citrus bud mite populations..... 127

Nicole HAWLITZKY. — Incidence of two pathogens on some physiological characteristics of the third instar larvae of *Melolontha melolontha* L. (*Col. Scarabeidae*)..... 149

P. BERTHELEM, J. MISSONNIER et Y. ROBERT. — Black bean Aphid (*Aphis fabae* SCOP.) and the culture of spring field beans (*Vicia faba* L.) in the West of France..... 183

J. d'AGUILAR, S. POITOUT, F. de la CONDAMINE. — First observations on the occurence of *Laspeyresia medicaginis* KUZN. (*Lep. Tortricidae*) in the seed-growing lucerne fields in the department of Drôme (South of France)..... 197

Informations..... 203

Book review..... 205

I. N. 9. 036 019. 5